

Abschlussbericht:

Nahwärmeversorgung Ortsgemeinde Mackenbach:

Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
für einen Nahwärmeverbund auf Basis der Holznutzung

Datum:
Dienstag, 30. Oktober 2007

Projektleitung:
Prof. Dr. Peter Heck

Projektmanagement:
Dipl. Betriebswirt (FH)
Thomas Anton

Unter Mitarbeit von:
Dipl. Wirtsch. Ing. Martin Berger

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Ansprechpartner: Thomas Anton
Tel: 06782/171571
Fax: 06782/171264
E-mail: t.anton@umwelt-campus.de

Verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes für den Inhalt sind die Autoren. Aus der Benutzung der Studie können gegenüber der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Die Forschungsanstalt ist bemüht, die Studien auf Wahrheit, Inhalte und Herkunft zu prüfen. Sie kann jedoch beispielsweise die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen nicht prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
1. Grundlagen	3
2. Ist Analyse und technische Anlagenauslegung	4
3. Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung	11
4. Solarenergienutzung	19
5. Zusammenfassung	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan mit Nahwärmenetz	5
Abbildung 2: Kostenvergleich der Netzvariante 1, einschließlich Bauwerkskosten ..	13
Abbildung 3: Kostenvergleich der Netzvariante 1, ohne Bauwerkskosten	14
Abbildung 4: Kostenvergleich der Netzvariante 2, einschließlich Bauwerk	16
Abbildung 5: Kostenvergleich der Netzvariante 2, ohne Bauwerkskosten	16
Abbildung 6: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1	17
Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Brennstoffkosten 2004	4
Tabelle 2: Leistungsüberprüfung der bestehenden Kesselanlagen	6
Tabelle 3: Brennstoffbedarfsermittlung und Kesselauslegung für die Netzvarianten ..	7
Tabelle 4: Brennstoffbedarf der Anlagen	8
Tabelle 5: Benötigte Lagerraumkapazität	8
Tabelle 6: Brennstoffkostenvergleich (alle Preise netto)	8
Tabelle 7: Ermittlung der Rohrleitungslängen	9
Tabelle 8: Rohrleitungskosten Variante 1	9
Tabelle 9: Kosten für Hausanschluss und Hausübergabestationen Variante 1	9
Tabelle 10: Kosten für Hausanschluss und Hausübergabestationen Variante 2	10
Tabelle 11: Kesselkombinationen im Nahwärmeverbund	10
Tabelle 12: Wärmekosten unterschiedlicher Kesselkombinationen, Netzvariante 1 ..	12
Tabelle 13: Wärmekosten unterschiedlicher Kesselkombinationen, Netzvariante 2 ..	15
Tabelle 14: Belegungsplan Sporthalle Bürgerhaus Mackenbach	20

1. Grundlagen

Nachdem das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement im März 2005 einen Antrag auf Forschungsförderung an die SDG Süd gestellt hatte, wurde das Institut im August 2005 beauftragt, eine Machbarkeitsstudie zur Holznutzung im Nahwärmeverbund für das Gemeindezentrum der Ortsgemeinde Mackenbach zu erstellen. Zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe war die Öl-Heizungsanlage des Bürgerhauses stark sanierungsbedürftig. Diese war der Anlass für eine Untersuchung, die klären sollte, ob ein Zusammenschluss mit einem holzbasierten Nahwärmesystem für die Grundschule, das Bürgerhaus, den Kindergarten und die Gärtnerei Grob eine ökonomisch attraktive und ökologisch und sozial sinnvolle Energieversorgung für den Standort darstellt.

Vor diesem Hintergrund wurde eine technische Machbarkeitsuntersuchung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstellt. Es galt die Möglichkeiten einer umweltfreundlichen Heizungszentrale mit Stückholzheizung, Holzhackschnitzel oder Industrie-Holzpellets mit Heizölkombination über einen Nahwärmeverbund zu prüfen und einer konventionellen Heizungssanierung der Objekte gegenüber zu stellen.

Noch bevor jedoch mit den Arbeiten zur Machbarkeitsuntersuchung im August begonnen wurde, war eine Sanierung der Heizungsanlage im Bürgerhaus zwingend erforderlich. Das IfaS hat von dieser Tatsache jedoch erst im Oktober 2005 Kenntnis erlangt und die damit einhergehenden Probleme mit dem zuständigen Ostsbürgermeister, Herrn Werner Christmann, besprochen. Gemäß seinem Wunsch sollte das IfaS trotz der bereits erfolgten Heizungssanierung die Studie bearbeiten. Bis Anfang November 2005 sollte eine erste Kostenschätzung vorliegen, welche als Basis für die Haushaltsverhandlungen der Gemeinde dienen. Nach Einreichung der Kostenschätzung wurde dem IfaS nach einiger Zeit mitgeteilt, dass eine Umsetzung des Nahwärmeverbundes durch die Gemeinde für die oben genannten Objekte aus Kostengründen nicht infrage kommen wird.

Die vorliegenden Ergebnisse der Studie zeigen die technischen und ökonomischen Aspekte der Nahwärmeversorgung auf, die als Entscheidungsgrundlage für den Ortsgemeinderat dienen. Eine tatsächliche Umsetzung des Nahwärmeverbundes wird umso wahrscheinlicher, je höher die Energieträgerpreise für Erdgas und Heizöl ansteigen.

Darüber hinaus wurden die Dachflächen der Gebäude im potenziellen Nahwärmeverbund auf ihre Tauglichkeit zur Nutzung von Solarstromanlagen geprüft.

Bei einer tatsächlichen Umsetzung des Nahwärmeverbundes müssten die Ergebnisse der Studie durch ein Fachplanungsbüro konkretisiert und weitergeführt werden.

2. Ist Analyse und technische Anlagenauslegung

Im Rahmen der Untersuchung wurden vier Objekte als potenzielle Wärmeabnehmer betrachtet:

- die Grundschule,
- das Bürgerhaus,
- der Kindergarten
- die Gärtnerei Grob.

Die Gebäude werden zur Zeit über Heizöl und Erdgas versorgt.

Der Brennstoffbedarf für die Grundschule, das Bürgerhaus und den Kindergarten liegt zur Zeit bei insgesamt 346.955 kWh (**ca. 34.692 Liter Heizöl**).

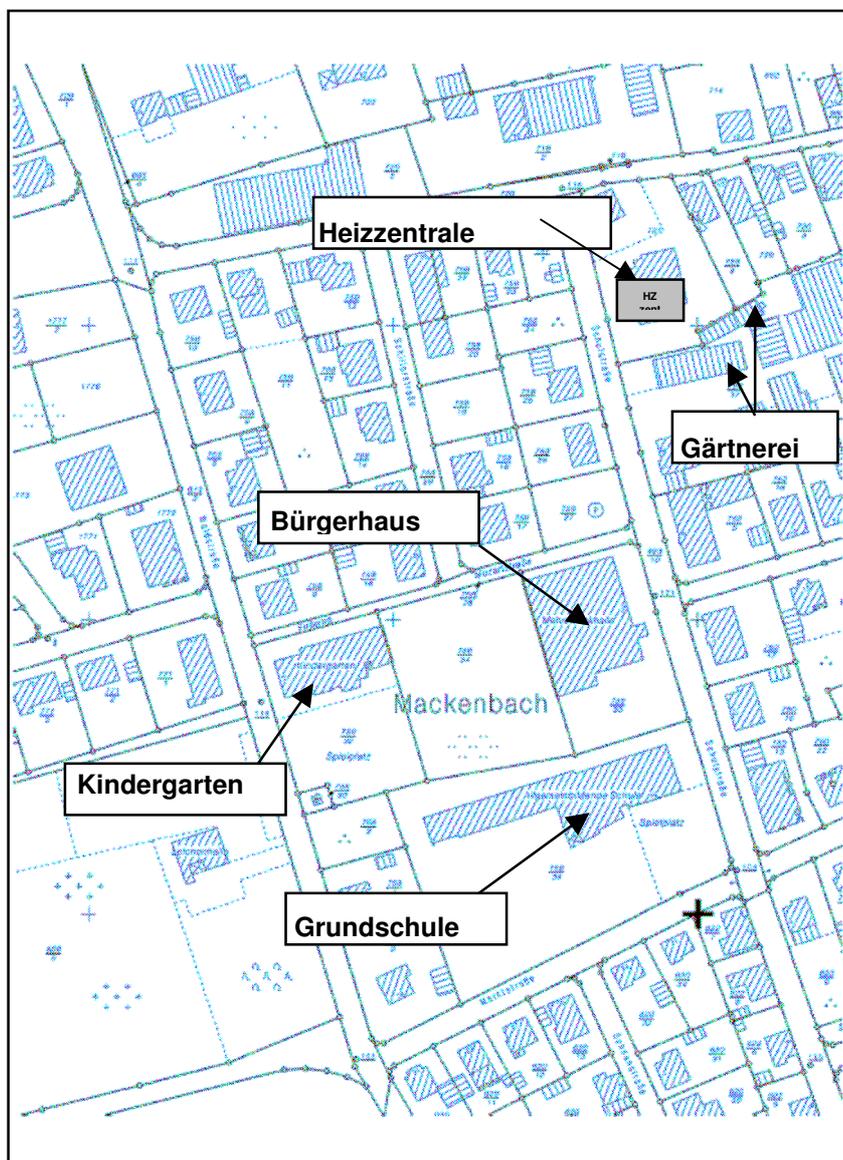
Wird die Gärtnerei dazu genommen, ergibt sich ein Brennstoffbedarf mit insgesamt 1.120.105 kWh (**ca. 112.105 Liter Heizöl**). Tabelle 1 fasst die ermittelten Daten zusammen.

Durchschnittliche Brennstoffkosten				
Objekt	Medium	Verbrauch [kWh/a]	Kosten [€/kWh]	Kosten [€/a]
Grundschule	Erdgas	150.962	0,03675	5.548
Bürgerhaus	EL Heizöl	116.000	0,03417	3.964
Kindergarten	Erdgas	79.993	0,04057	3.245
Gärtnerei	EL Heizöl	773.150	0,04000	30.926
Durchschnittskosten			0,03787	

Tabelle 1: Durchschnittliche Brennstoffkosten 2004

Die in der Tabelle angeführten Werte spiegeln die Verbrauchskosten auf Basis von Vergangenheitswerten wieder. Die Werte sind grundsätzlich nicht geeignet einen Vergleich mit Wärmegegestehungskosten anzustellen. Der heutige Heizölpreis liegt bei ca. 6,3 Cent/kWh brutto. Die Gaspreise sind ebenfalls gestiegen.

Der abgebildete Lageplan zeigt die genannten Gebäude und ihre Lage zueinander.



Die installierten Heizkessel in den gemeindeeigenen Gebäuden wurden bezüglich ihres Leistungsspektrums untersucht. Die Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse.

Leistungsüberprüfung			
Gebäude	installierte Kesselleistung [kW]	Theoretische Leistung [kW]	Differenzwert [kW]
Grundschule	140	113	27
Bürgerhaus	319	103	216
Kindergarten	42	60	-18
Gärtnerei	461,93	497	-35
Gesamt	963	773	190

Tabelle 2: Leistungsüberprüfung der bestehenden Kesselanlagen

Der Kessel in der Grundschule ist leicht überdimensioniert. Im Bürgerhaus ist die installierte Leistung 3 mal höher als im Normalbetrieb benötigt. Die Sanierung der Heizanlage im Bürgerhaus wurde als Referenzsystem zugrunde gelegt. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Ölheizkessel mit einer Leistung von 217 kW installiert wird. Auch wenn das Bürgerhaus im Normalbetrieb mit einer Leistung von 103 kW auskommen würde, muss ein Sicherheitsaufschlag eingerechnet werden, da das Bürgerhaus in Notfällen als Notunterkunft dienen muss. Die Heizanlage des KiGas ist leicht unterdimensioniert. Die Leistung der Gärtnerei wurde über ein externes Energiegutachten eines unabhängigen Energieberaters bestimmt und von uns übernommen.

Da es nicht sicher ist, ob sich die Gärtnerei an den Nahwärmeverbund anschließen wird, wurden bei der Nahwärmepfanung zwei Netzvarianten untersucht:

- Netzvariante 1: Grundschule, Kindergarten, Bürgerhaus und Gärtnerei,
- Netzvariante 2: Grundschule, Kindergarten und Bürgerhaus.

Brennstoffbedarfsermittlung											
Gebäude	Ist - Endenergieverbrauch [kWh/a]	Ist Kesselverlust 10% [kWh]	Ist Nutzenergieverbrauch [kWh/a]	Verlust HÜ 5% [kWh/a]	Nutzenergie + HÜ Verluste	Verlust Netz 10% [kWh/a]	Nutzenergie+HÜ+ Netzverluste	Verlust Kessel neu 10% [kWh/a]	Endenergiebedarf = Brennstoffbedarf	Brennstoffbedarf Grundlast 80% [kWh/a]	Brennstoffbedarf Spitze 20% [kWh/a]
Grundschule	149.455	13.587	135.869	6.793	142.662	14.266	156.928	15.693	172.621	138.097	34.524
Bürgerhaus	114.833	10.439	104.394	5.220	109.614	10.961	120.575	12.058	132.633	106.106	26.527
Kindergarten	79.169	7.197	71.972	3.599	75.570	7.557	83.127	8.313	91.440	73.152	18.288
Gärtnerei	765.419	69.584	695.835	34.792	730.627	73.063	803.689	80.369	884.058	707.247	176.812
Gesamt Netzvariante1	1.108.876	100.807	1.008.069	50.403	1.058.473	105.847	1.164.320	116.432	1.280.752	1.024.601	256.150
Gesamt Netzvariante2	343.458	31.223	312.234	15.612	327.846	32.785	360.630	36.063	396.693	317.355	79.339
Kesselauslegung im Nahwärmeverbund											
Gebäude	Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]	Volbenutzungsstunden [h/a]	Theoretische Leistung [kW]	Verlust HÜ 5% [kW]	Theoretische Leistung + Verluste HÜ [kW]	Verlust Netz 10% [kW]	Nennwärmeleistung Netzkessel [kW]	Gleichzeitigkeitsfaktor	Installierte Leistung Heizzentrale [kW]	Kesselaufteilung Grundlast 50% [kW]	Kesselaufteilung Spitzenlast 50% [kW]
Grundschule	135.869	1.200	113	6	119	12	131	0,90	118	59	59
Bürgerhaus	104.394	1.018	103	5	108	11	118	0,90	107	53	53
Kindergarten	71.972	1.200	60	3	63	6	69	0,90	62	31	31
Gärtnerei	695.835	1.400	497	25	522	52	574	0,90	517	258	258
Gesamt Netzvariante1	1.008.069		773	39	811	81	893		803	402	402
Gesamt Netzvariante2	312.234		276	14	290	29	318		287	143	143

Tabelle 3: Brennstoffbedarfsermittlung und Kesselauslegung für die Netzvarianten

Der Brennstoffbedarf beträgt bei Variante 1 ca. 1.280 MWh. Die Leistung der Kessel muss insgesamt bei ca. 800 kW liegen. Bei Netzvariante 2 liegt der Brennstoffbedarf bei ca. 397 MWh. Die Leistung der Kessel in der Heizzentrale sollte ca. 287 kW betragen .

Es wird davon ausgegangen, dass eine Aufteilung der Grund- und Spitzenlast im Verhältnis 50 zu 50% erfolgt. Beim Brennstoffbedarf wurde davon ausgegangen, dass 80% der Wärme über den Grundlastkessel erzeugt werden (20% über den Spitzenlastkessel).

Der Brennstoffbedarf für unterschiedliche Brennstoffe (Stückholz, Hackschnitzel, Pellets, Heizöl) ist in Tabelle 4 dargestellt.

Brennstoffbedarfsermittlung										
Gebäude	Endenergiebedarf = Brennstoffbedarf	Brennstoffbedarf Biomasse 80% [kWh/a]	Brennstoffbedarf Heizöl 20% [kWh/a]	Stückholz Fichte/Buche Rm [m³]		Holzhackschnitzel Srm [m³]		Industrie-Holzpellets [t]		Heizöl [L]
				80%	20%	80%	20%	80%	20%	
Grundschule	172.621	138.097	34.524	69	17	173	43	28	7	2.901
Bürgerhaus	132.633	106.106	26.527	53	13	133	33	21	5	2.229
Kindergarten	91.440	73.152	18.288	37	9	91	23	15	4	1.537
Gärtnerei	884.058	707.247	176.812	354	88	884	221	141	35	14.858
Gesamt Netzvariante1	1.280.752	1.024.601	256.150	512	128	1.281	320	205	51	21.525
Gesamt Netzvariante2	396.693	317.355	79.339	159	40	397	99	63	16	6.667

Tabelle 4: Brennstoffbedarf der Anlagen

Die benötigte Lagerräumkapazität ist in Tabelle 5 dargelegt.

Lagerräumrechnung										
	Stückholz Fichte/Buche			Holzhackschnitzel			Industrie-Holzpellets			Heizöl [L]
	Stückholz Fichte/Buche Rm [m³]	Vorhaltezeit Monate	Vorhaltemenge Rm [m³]	Holzackschnitzel Srm [m³]	Vorhaltezeit 7 Tage	Vorhaltemenge Srm [m³]	Industrie-Holzpellets [t]	Vorhaltezeit 7 Tage	Vorhaltemenge [t]	
Brennstoffanteil 80%	80%			80%			80%			
Gesamt Netzvariante1	512	12	42,7	1.281	52	24,6	205	52	3,9	
Gesamt Netzvariante2	159	12	13,2	397	52	7,6	63	52	1,2	
Brennstoffanteil 20%	20%			20%			20%			20%
Gesamt Netzvariante1	128	12	10,7	320	52	6,2	51	52	1,0	21.525
Gesamt Netzvariante2	40	12	3,3	99	52	1,9	16	52	0,3	6.667

Tabelle 5: Benötigte Lagerräumkapazität

Die Preise für Brennstoffe basieren auf folgenden Annahmen.

Brennstoffkostenvergleich		
Brennstoff	Kosten	Einheit
Holzackschnitzel	0,0250	€/kWh
Stückholz Buche/Nadelholz	0,0300	€/kWh
Industrie-Holzpellets	0,0340	€/kWh
Heizöl EL	0,0550	€/kWh

Tabelle 6: Brennstoffkostenvergleich (alle Preise netto)

Es wird davon ausgegangen, dass die Holzackschnitzel zu einem Preis von 20 €/Srm bezogen werden (Heizwert 800 kWh/Srm). Der Mischpreis des Stückholzes setzt sich aus einem Preis für Buche/Eiche in Höhe von 70 €/Rm und für Nadelhölzer in Höhe von 50 €/Rm zusammen. Die Kosten für Industriepellets liegen bei ca. 170 €/t. Der Heizölpreis liegt bei 55 Cent pro l. Alle Preise verstehen sich als netto-Preise, da die Umsatzsteuer für alle Kosten hinzugerechnet wird.

Die Rohrleitungslänge ist in Tabelle 7 angeführt.

Länge Rohrleitung Variante 1				
Anbindung	von	bis	Strang	Länge [m]
Grundschule	Grundschule	Kreuz 1	A	37
Kindergarten	Kindergarten	Kreuz 1	B	40
	Kreuz 1	Kreuz 2	C	13
Bürgerhaus	Bürgerhaus	Kreuz 2	D	25
	Kreuz 2	Heizstation	E	86
Gärtnerei	Heizstation	Gärtnerei	F	14
Summe PMR Rohr				190
Summe Heizungsrohr				25

Tabelle 7: Ermittlung der Rohrleitungslängen

Die Netzvariante 1 hat eine Gesamtlänge von 215 m. Wird die Gärtnerei nicht angeschlossen verkürzt sich das Netz um ca. 14 m auf 201 m. In Tabelle 8 sind die Rohrleitungskosten aufgeführt.

Rohrnetzleitung PMR inkl. Abzweig- und Richtungsänderung alle 50 m									
Anbindung	von	bis	Strang	Länge [m]	Rohrbezeichnung	Kosten [€/m]	Kosten [€]	Oberfl.-wiederherstellung [€/m]	Kosten gesamt [€]
Grundschule	Grundschule	Kreuz 1	A	37	DN40	270	9.990		9.990
Kindergarten	Kindergarten	Kreuz 1	B	40	DN 40	172	6.880		6.880
	Kreuz 1	Kreuz 2	C	13	DN 63	270	3.510		3.510
Bürgerhaus	Bürgerhaus	Kreuz 2	D	25	Heizungsrohr	10	250		250
	Kreuz 2	Heizstation	E	86	DN 90	332	28.552	9.890	38.442
Gärtnerei	Heizstation	Gärtnerei	F	14	DN 110	386	5.404		5.404
Kosten gesamt									64.476
Summe PMR Rohr				190					
Summe Heizungsrohr				25					

Tabelle 8: Rohrleitungskosten Variante 1

Die Kosten für Hausübergabestationen einschließlich Hausanschluss liegen bei Netzvariante 1 bei 42.616 €.

Hausanschlussleitung und HÜ-Station Variante 1							
	Rohrbezeichnung	Länge [m]	max. Leist. [kW]	Kosten je m [€]	Summe Leitung [€]	Kosten HÜ-Station [€]	Summe [€]
	DN 50	2		226	452	5.000	5.452
	DN 50	3		226	678	5.000	5.678
	DN 40	4		216	864	3.500	4.364
	DN 90	10		312	3.120	9.000	12.120
Montage HÜ						15.000	15.000
Summe [m]		19			5.114	37.500	42.614

Tabelle 9: Kosten für Hausanschluss und Hausübergabestationen Variante 1

Bei Netzvariante 2 liegen die Kosten bei 21.494 €.

Hausanschlussleitung und HÜ-Station Variante 2							
Summe [m]	Rohrbezeichnung	Länge [m]	max. Leist. [kW]	Kosten je m [€]	Summe Leitung [€]	Kosten HÜ-Station [€]	Summe [€]
	DN 50	2		226	452	5.000	3.952
	DN 50	3		226	678	5.000	4.178
	DN 40	4		216	864	3.500	3.364
Montage HÜ						10.000	10.000
Summe [m]		19			5.114	23.500	21.494

Tabelle 10: Kosten für Hausanschluss und Hausübergabestationen Variante 2

Da verschiedene Kesselanlagen und Wärmepreise miteinander zu vergleichen sind, wurden folgende Kesselkombinationen aufgestellt und näher betrachtet.

Kesselkombinationen			
Grundlast:	Abkürzung	Spitzenlast:	Abkürzung
Stückholz	SH	Holzpellets	HP
Stückholz	SH	Heizöl	HEL
Holz hackschnitzel	HHS	Holz hackschnitzel	HHS
Holz hackschnitzel	HHS	Heizöl	HEL
Holz pellets	HP	Holz pellets	HP
Holz pellets	HP	Heizöl	HEL
Referenzanlage			
Heizöl	HEL	Heizöl	HEL

Tabelle 11: Kesselkombinationen im Nahwärmeverbund

Für jede der beiden Netzvarianten wurden 6 verschiedene Kesselkombinationen untersucht. Zusätzlich wurde das Referenzsystem berechnet (Sanierung der Heizungsanlage im Bürgerhaus auf Heizölbasis).

Innerhalb der Kostenermittlung wurden Angebote verschiedener Hersteller angefordert und ausgewertet, die als Grundlage zur Ermittlung der Investitionskosten dienten. Die Kosten für die Kesselkombinationen wurden dabei tabellarisch erfasst. Auf eine Darstellung jeder einzelnen Kostentabelle wird aufgrund der Komplexität an dieser Stelle jedoch verzichtet.

Kapitel 3 geht auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein.

3. Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung

Es wird davon ausgegangen, dass eine Finanzierung der automatisch beschickten Anlagen (HHS, Pellets) über KfW-Kredite erfolgt und dass ein Teilschulderlass für die biomassebedingten Kosten in Höhe von 24 €/kW installierter Kessellast erzielt werden kann.

Darüber hinaus wurde ein Teilschulderlass für das Nahwärmenetz in Höhe von 50 €/m Rohrleitung angesetzt. Dieser kann sowohl bei der Nutzung von automatischen als auch manuell beschickten Anlagen genutzt werden. Wie die Leistungsüberprüfung ergab, ist die Wärmeübertragung in beiden Netzvarianten ausreichend (>1,5 Mwh/m und Jahr), um einen Teilschulderlass tatsächlich zu erhalten.

Die Betriebskosten der Anlagen und damit auch die Personalkosten für die Beschickung von z.B. den Stückholzkesseln wurden entweder über typische Kennzahlen für Holzenergieheizanlagen ermittelt (so z.B. für die Holzpellett- oder Holzhack-schnitzelanlagen) oder aus den Angeboten der Hersteller von Stückholzkesseln übernommen.

Da es gewünscht war, die Berechnung sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Bauwerkserstellung für die Heizzentrale anzufertigen, werden die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entsprechend ausgewiesen.

Es wurden innerhalb der Untersuchung 2 Netzvarianten mit jeweils 6 Kesselkombinationen in unterschiedlichen Leistungsklassen, mit unterschiedlichen Brennstoffen, verschiedenem Lagerraumbedarf, Puffervolumen sowie anderen technischen Komponenten gegeneinander abgeglichen. Eine ausführliche Darstellung der tabellari-schen Kostenaufstellung ist deshalb sehr aufwändig und ist für die Interpretation der Ergebnisse nicht notwendig. Aus diesem Grund wird darauf verzichtet.

In der Ergebniszusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden jedoch die Investitions-, Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten ausgewiesen, die in den Heizgesamtkosten zusammengefasst werden. Das Verhältnis der Heizgesamtkosten zu der an den Hausübergabestationen abgegebenen Nutzenergie ergibt den jeweiligen Wärmepreis für die unterschiedlichen Kesselkombinationen und es wird ein Vergleich mit dem Referenzsystem auf Heizölbasis ermöglicht.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Netzvariante 1 sind in Tabelle 12 dargestellt.

Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Systeme, Netzvariante 1								
Variante		Variante 1						
		1	2	3	4	5	6	7
Grundlast und Spitzenlast		SH+HP	SH+HEL	HHS+HHS	HHS+HEL	HP+HP	HP+HEL	HEL
Angebot		K&S	Herlt/ Buderus	K&S	K&S/ Buderus	K&S	K&S/ Buderus	Buderus
max. Kesselleistung gesamt	kW	880	810	1.060	825	1.080	835	217
Jahresbedarf Endenergie	kWh/a	1.280.752	1.280.752	1.280.752	1.280.752	1.280.752	1.280.752	119.307
Gelieferte Energie gesamt	kWh/a	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	107.377
Investitionskosten mit kW Förderung und Bauwerk	€	415.411	323.262	423.553	373.813	355.839	307.381	
Investitionskosten mit kW Förderung ohne Bauwerk	€	363.780	268.631	371.922	322.182	304.208	255.750	33.432
Kapitaldienst einschließlich kW Förderungen mit Bauwerk	€/a	30.567	23.786	31.166	27.506	26.183	22.618	
Kapitaldienst einschließlich kW Förderungen ohne Bauwerk	€/a	26.768	19.766	27.367	23.707	22.384	18.819	2.915
Betriebs- und Verbrauchskosten	€/a	67.633	61.681	45.823	51.634	55.333	58.869	7.162
Jahreskosten mit Bauwerk Netto	€/a	98.199	85.467	76.989	79.140	81.516	81.487	
Jahreskosten ohne Bauwerk Netto	€/a	94.400	81.447	73.190	75.341	77.717	77.688	10.076
MwSt. mit Bauwerk (7% Bio- masse, 19% Investitionen)	€/a	13.924	12.550	10.786	11.963	10.263	11.302	
MwSt. ohne Bauwerk (7% Biomasse, 19% Investitionen u. Heizöl)	€/a	13.202	11.786	10.064	11.241	9.541	10.580	1.915
Brutto Gesamtkosten mit Bauwerk	€/a	112.124	98.017	87.775	91.102	91.779	92.789	
Brutto Gesamtkosten ohne Bauwerk	€/a	107.603	93.233	83.254	86.581	87.258	88.268	11.991
Gelieferte Energie gesamt	kWh/a	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	1.008.069	107.377
Wärmekosten mit Bauwerk Brutto	€/kWh	0,11123	0,09723	0,08707	0,09037	0,09104	0,09205	0,11167
Wärmekosten ohne Bauwerk Brutto	€/kWh	0,10674	0,09249	0,08259	0,08589	0,08656	0,08756	0,11167
Rangfolge mit Bauwerk		6	5	1	2	3	4	7
Rangfolge ohne Bauwerk		6	5	1	2	3	4	7

Tabelle 12: Wärmekosten unterschiedlicher Kesselkombinationen, Netzvariante 1

Wie die Tabelle zeigt, wurden innerhalb der Angebote Kesselleistungen vorgeschlagen, die leicht über dem geforderten Bedarf liegen (810 – 1.080 kW).

Die Investitionskosten einschließlich Bauwerkskosten schwanken bei den Systemen zwischen 33.432 € (Referenzsystem) und 428.371 € für eine Stückholz/Holzpellet Kombination.

Die Wärmekosten des Referenzsystems (Sanierung der Kesselanlage im Bürgerhaus mit einer Heizölheizung und Sanierung des bestehenden Heizöltanks in 10 Jahren) liegen bei 11,167 Cent pro kWh. Alle weiteren Kombinationen sind, einschließlich der Bauwerkskosten, kostengünstiger. Am günstigsten ist Feuerung mit Holzhackschnitzel (8,707 Cent/kWh, einschließlich Bauwerkskosten). Dieses ist verursacht durch die Förderung für die HHS-Anlage und insbesondere durch die günstigen Brennstoffpreise für HHS.

An zweiter und dritter Stelle liegen die Kombinationen HHS/Heizöl (9,037 Cent/kWh) und Holzpellet/Holzpellets (9,104 Cent/kWh). Auf Rang vier liegt die Holzpellet/Heizöl Kombination. Erst auf Rang fünf befindet sich die Stückholz/Heizöl Kombination. Rang sechs wird durch die Stückholz/Pellet Variante belegt. Die Abbildung 2 zeigt vergleichend die Wärmekosten.

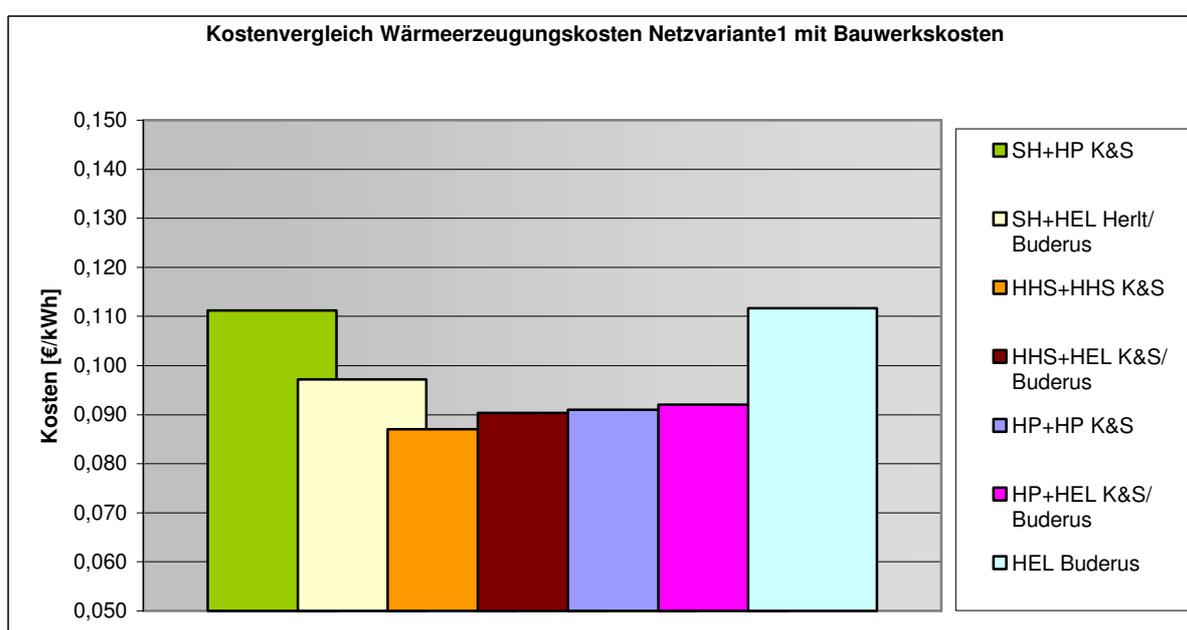


Abbildung 2: Kostenvergleich der Netzvariante 1, einschließlich Bauwerkskosten

Es ergibt sich eine ähnliche Konstellation der Kosten, wenn die Bauwerkskosten nicht in die Betrachtung einfließen. In Abbildung 3 sind die Wärmekosten ohne Bauwerkskosten dargestellt.

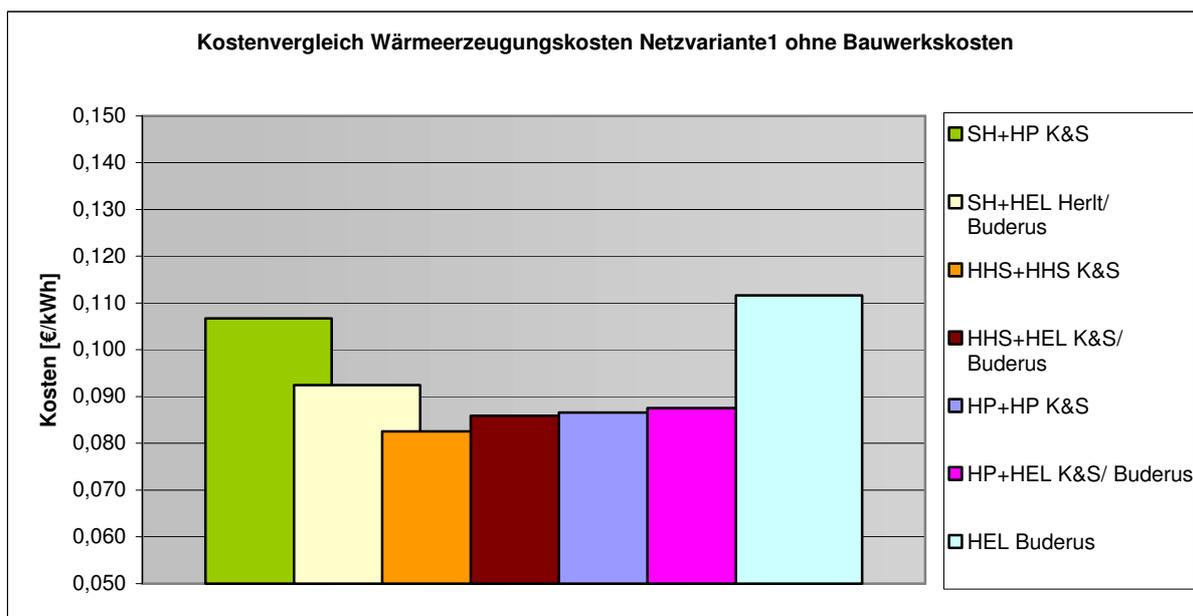


Abbildung 3: Kostenvergleich der Netzvariante 1, ohne Bauwerkskosten

Im Folgenden ist der Kostenvergleich für die Netzvariante 2 dargelegt.

Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Systeme, Netzvariante 2								
Variante		Variante 2						
		8	9	10	11	12	13	14
Grundlast und Spitzenlast		SH+HP	SH+HEL	HHS+HHS	HHS+HEL	HP+HP	HP+HEL	HEL
Angebot		K&S	Herlt/ Buderus	K&S	Schmid/ Buderus	K&S	K&S/ Buderus	Buderus
max. Kesselleistung gesamt	kW	370	330	440	345	440	325	217
Jahresbedarf Endenergie	kWh/a	396.693	396.693	396.693	396.693	396.693	396.693	119.307
Gelieferte Energie gesamt	kWh/a	312.234	312.234	312.234	312.234	312.234	312.234	107.377
Investitionskosten mit kW Förderer und Bauwerk	€	264.540	243.841	298.672	232.097	277.324	244.448	
Investitionskosten mit kW Förderer ohne Bauwerk	€	212.909	192.210	247.041	185.966	225.693	189.817	33.432
Kapitaldienst einschließlich kW Förderer mit Bauwerk	€/a	19.465	17.942	21.977	17.078	20.406	17.987	
Kapitaldienst einschließlich kW Förderer ohne Bauwerk	€/a	15.666	14.143	18.178	13.684	16.607	13.967	2.915
Betriebs- und Verbrauchskosten	€/a	28.126	24.679	19.508	19.747	22.438	22.959	7.162
Jahreskosten mit Bauwerk Netto	€/a	47.592	42.621	41.485	36.825	42.844	40.946	
Jahreskosten ohne Bauwerk Netto	€/a	43.793	38.822	37.685	33.430	39.044	36.926	10.076
MwSt. mit Bauwerk (7% Biomasse, 19% Investitionen)	€/a	7.576	6.955	6.692	6.045	6.522	6.485	
MwSt. ohne Bauwerk (7% Biomasse, 19% Investitionen u. Heizöl)	€/a	6.854	6.234	7.160	5.400	5.800	6.485	1.915
Brutto Gesamtkosten mit Bauwerk	€/a	55.168	49.576	48.177	42.870	49.365	47.431	
Brutto Gesamtkosten ohne Bauwerk	€/a	50.647	45.055	44.846	38.830	44.844	43.411	11.991
Gelieferte Energie gesamt	kWh/a	312.234	312.234	312.234	312.234	312.234	312.234	107.377
Wärmekosten mit Bauwerk Brutto	€/kWh	0,17669	0,15878	0,15430	0,13730	0,15810	0,15191	0,11167
Wärmekosten ohne Bauwerk Brutto	€/kWh	0,16221	0,14430	0,14363	0,12436	0,14362	0,13903	0,11167
Rangfolge mit Bauwerk		7	6	4	2	5	3	1
Rangfolge ohne Bauwerk		7	6	5	2	4	3	1

Tabelle 13: Wärmekosten unterschiedlicher Kesselkombinationen, Netzvariante 2

Wie die Tabelle zeigt, wurden innerhalb der Angebote Kesselleistungen offeriert, die leicht über dem geforderten Bedarf liegen (325 - 440 kW bei einem Bedarf von 287).

Am günstigsten ist aus dieser Auswahl mit Bauwerkskosten ist das Referenzsystem (11,167 Cent/kWh). Auf Rang zwei liegt die Kombination HHS/Heizöl mit 13,73 Cent pro kWh. Die Holzpellet/Heizöl Kombination (15,191 Cent/kWh) liegt knapp vor der HHS/HHS Auswahl mit 15,43 Cent/kWh. Rang fünf und sechs werden von der Pellet/Pellet (15,81 Cent/kWh) und der Stückholz/Heizöl Kombination mit 15,878 Cent/kWh belegt. Auf Rang sieben liegt die Stückholz/Holzpellet Variante mit 17,669 Cent/kWh. Die Abbildung 4 stellt die Ergebnisse gegenüber.

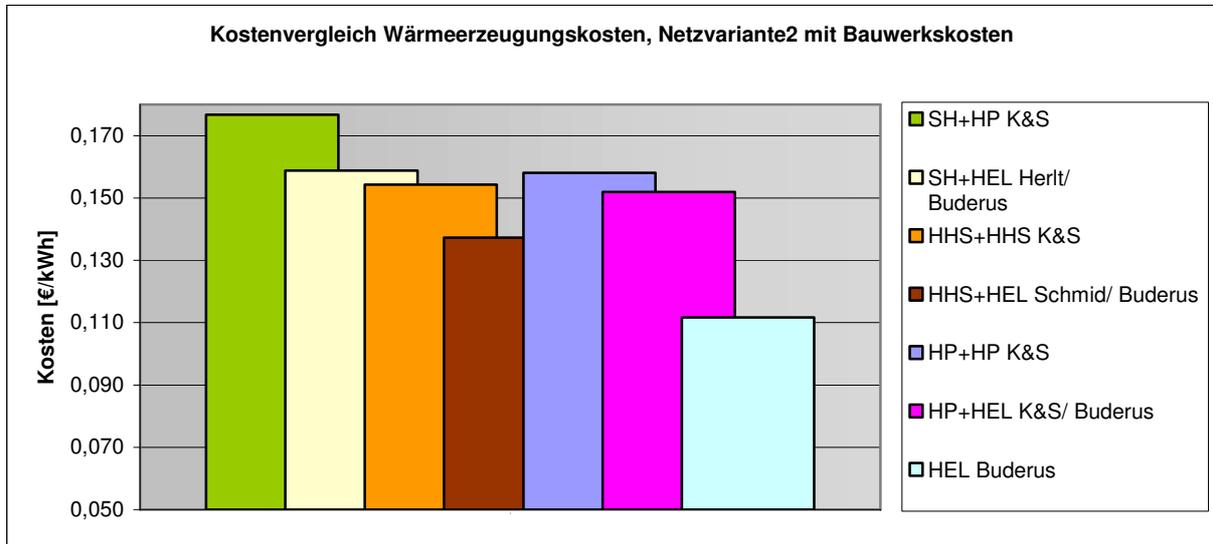


Abbildung 4: Kostenvergleich der Netzvariante 2, einschließlich Bauwerk

Ohne den Ansatz von Bauwerkskosten ergeben sich ähnliche Ergebnisse, wobei die Kosten der Biomasseheizanlagen niedriger liegen.

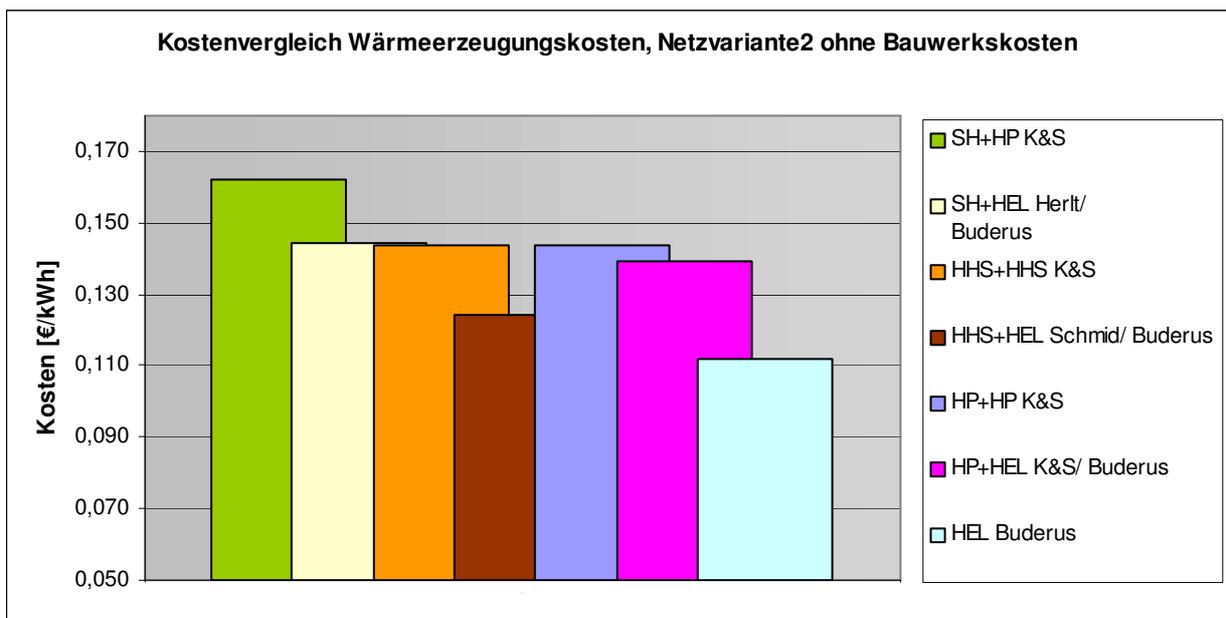


Abbildung 5: Kostenvergleich der Netzvariante 2, ohne Bauwerkskosten

Ein Vergleich der Wärmepreisentwicklung bei Preisveränderungen auf Seite der Kalkulationsparameter zeigt bei Netzvariante 1, dass die Heizölanlage voraussichtlich auf Dauer die teuerste Variante der Wärmeerzeugung darstellt.

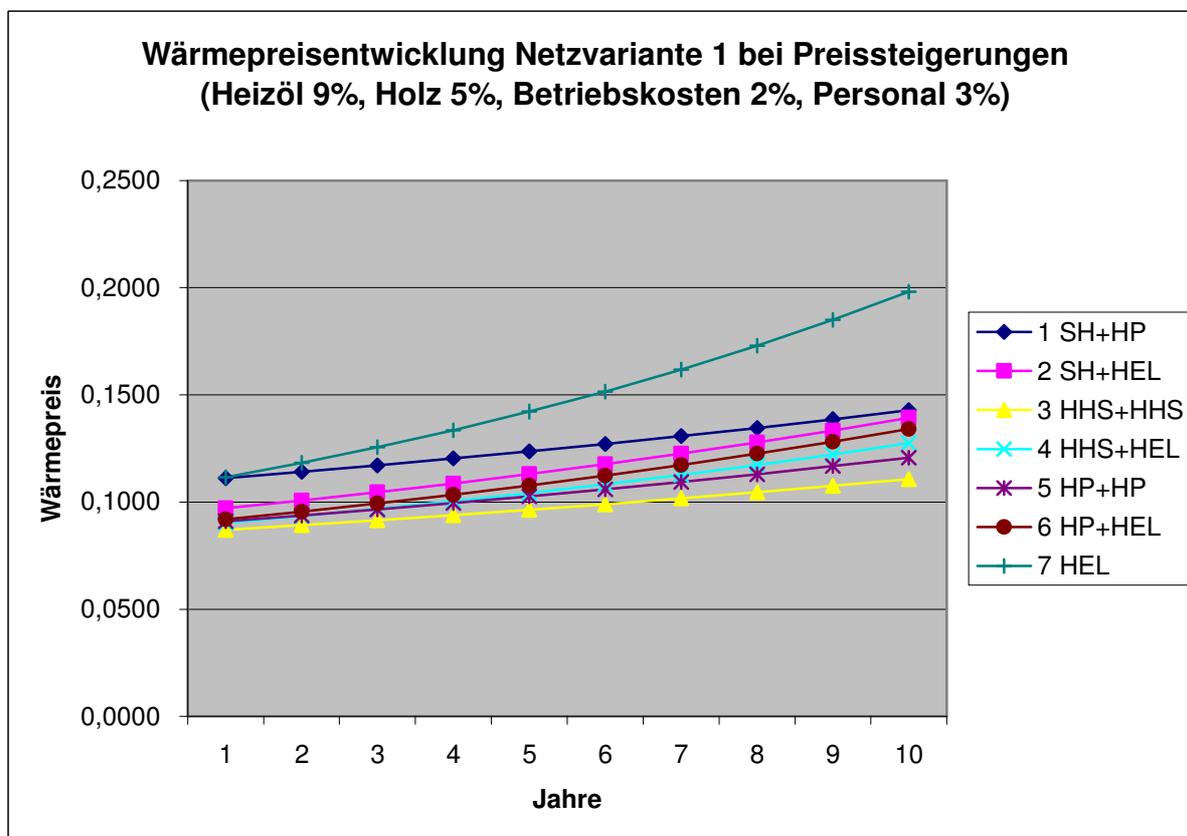


Abbildung 6: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1

Die angenommenen Preissteigerungsraten beruhen auf verschiedenen Annahmen. Nach Angaben aus dem Energiebericht des Landes Rheinland-Pfalz für 2005 liegt die durchschnittliche Preissteigerungsrate bei Heizöl in einer Höhe von 9% jährlich, bezogen auf die Jahre 1995 bis 2005. Die für das Holz angenommene Preissteigerungsrate bezieht sich auf Angebote von Pelletherstellern, die bei einem 5-Jahres Liefervertrag eine festgelegte Preissteigerung von 5% anbieten. Die Preissteigerungsraten für Stückholz und Hackschnitzel sind regional und in Abhängigkeit des Materials sehr unterschiedlich, deshalb wurde die gleiche Preissteigerungsrate wie bei Holzpellets zugrunde gelegt. Für die Steigerung der Betriebskosten wurden 2% zum Ansatz gebracht, bei den Personalkosten 3%. Diese beiden Parameter wirken sich bei den holzbefeuerten Anlagen wesentlich stärker aus, da die Betriebs- und Personalkosten hier wesentlich höher liegen als bei Heizölheizanlagen.

Die Sensitivitätsanalyse für die Netzvariante 2 zeigt, dass die Holzkesselkombinationen im zu Beginn der Betriebszeit alle einen höheren Wärmepreis haben als das Referenzsystem. Unter Annahme der beschriebenen Preissteigerungsraten zeigt sich jedoch, dass die Holzheizanlagen mit HHS (gelb) oder HHS und Heizöl (türkis) auf Dauer die günstigeren Lösungen darstellen.

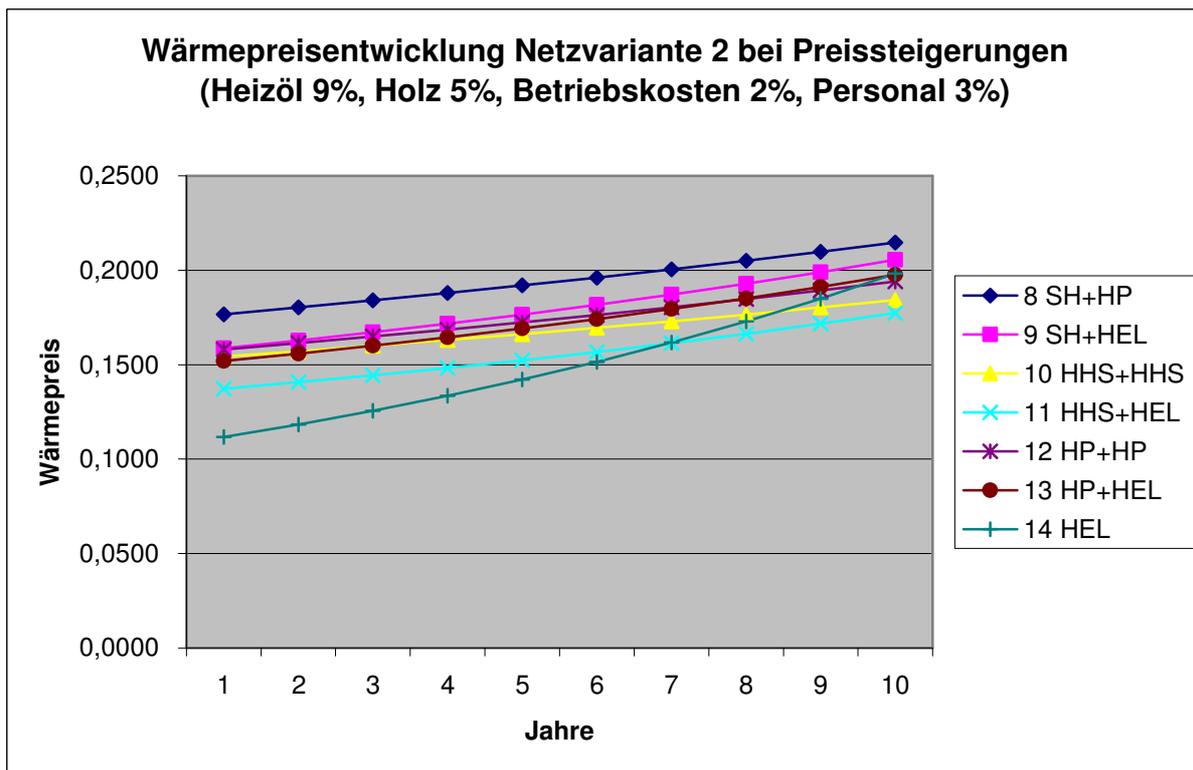


Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2

4. Solarenergienutzung

4.1 Solarthermische Anlagen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die Grundschule, das Bürgerhaus und der Kindergarten auf eine Nutzung von Solarkollektoranlagen zur Wärmeerzeugung geprüft.

In der Grundschule liegt kein Warmwasserbedarf vor. Eine Installation von Solarkollektoranlagen kommt deshalb nicht in Betracht.

Im Kindergarten wird grundsätzlich Warmwasser für Waschen, Reinigen und Hygiene benötigt, jedoch nicht in den Ferienzeiten¹. Gerade in den Ferienzeiten im Sommer, in denen keine Wärme abgenommen wird, ist die Wärmegewinnung über eine Solarthermieanlage jedoch am höchsten. Darüber hinaus ist der Warmwasserspeicher im Kindergarten noch nicht sanierungsbedürftig. Eine Wirtschaftlichkeit der Kollektoranlage lässt sich jedoch nur dann abbilden, wenn die Sowiesokosten für den Einsatz eines neuen Warmwasserspeichers von den Investitionskosten abgezogen werden können. Der Einsatz einer Kollektoranlage stellt sich deshalb im Kindergarten derzeit nicht wirtschaftlich dar.

Das Bürgerhaus mit Sporthalle wird in den Sommermonaten Wärme nur dann abnehmen, wenn die Sporthalle entsprechend belegt ist und ein Absatz über das Duschen nach dem Sport stattfindet. Die Duschbereitschaft in der Sporthalle ist nach Aussagen des Bürgermeisters sehr gering. Dies zeigt auch die Betrachtung des Belegungsplanes der Halle. Die im Plan aufgeführten Sportarten werden nur teilweise im Jahr in der Halle ausgeführt. Neben den Gesprächen mit dem Bürgermeister und der Gemeindeverwaltung wurden die zuständigen Personen der veranstaltenden Vereine in der Sporthalle des Bürgerhauses zum „Duschverhalten“ der teilnehmenden Personen befragt. Daraus entstand der aufgeführte Hallenbelegungsplan (Tabelle 14) des Bürgerhauses. Dieser zeigt die Nutzung der Halle durch die einzelnen Sportvereine, zu welcher Uhrzeit diese Sport treiben und an welchem Tag der Woche.

¹ Sommer-Schulferien in Rheinland-Pfalz 25.07.2005-02.09.2005.

Belegungsplan Halle im Bürgerhaus Mackenbach				
Tag	Zeit	Nutzer	Duschbereitschaft	
Mo.	13.30 - 15.00 Uhr	f r e i		
	15.00 - 16.00 Uhr	Judo-Club		
	16.00 - 18.00 Uhr	Judo-Club	nicht vorhanden	
	18.00 - 20.00 Uhr	Skate Club	nicht vorhanden	
	20.00 - 22.00 Uhr	SVM		
Di.	13.30 - 15.30 Uhr	f r e i		
	15.30 - 17.00 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
	17.00 - 18.30 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
	18.30 - 22.00 Uhr	Tischtennis	Annahme: vorhanden	
	13.30 - 15.30 Uhr	Holländ.	nicht vorhanden	
Mi.	15.30 - 17.00 Uhr	f r e i		
	17.00 - 18.30 Uhr	Lebenshilfe	nicht vorhanden	
	18.30 - 20.00 Uhr	Judo-Club	nicht vorhanden	
	20.00 - 22.00 Uhr	SVM	max. 8 personen	
	15.00 - 16.00 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
Do.	16.00 - 17.00 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
	i. Winter	17.00 - 18.30 Uhr	SVM	nicht vorhanden
	i. Winter	18.30 - 20.00 Uhr	SVM	nur im Winter
	i. Sommer	17.00 - 20.00 Uhr	Skate Club	nicht vorhanden
		20.00 - 22.00 Uhr	SVM	nicht vorhanden
Freit.	13.30 - 15.30 Uhr	Norweg.	nicht vorhanden	
	15.30 - 16.30 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
	16.30 - 17.30 Uhr	SVM	nicht vorhanden	
	17.30 - 22.00 Uhr	Tischtennis		
Sa.	10.00 - 15.00 Uhr	Skate Club	nicht vorhanden	
Legende zur Duschbereitschaft				
	kein Bedarf da nicht belegt		Stand: 8.1.2004, nach Absprache vom 28.06.2005 aktuell	
	nur im Winter			
	kein Bedarf nach Absprache			
	Bedarf nach Absprache			

Tabelle 14: Belegungsplan Sporthalle Bürgerhaus Mackenbach

Eine Nutzung von solarthermischen Anlagen für die Warmwassererzeugung ist demnach auch an diesem Objekt auszuschließen.

4.2 Photovoltaik

Im Rahmen der Photovoltaikprüfung wurden die Dachflächen der Grundschule, des Kindergartens und des Bürgerhauses auf Ihre Eignung untersucht.

Auf der Grundschule ist auf dem südlich ausgerichteten Satteldach bereits eine Photovoltaikanlage installiert. Auf dieser Dachfläche stehen ca. 200 m² weitere Fläche zur Verfügung, was einer installierbaren Anlagenleistung von ca. 20 –22 kWp entspricht.

Das Dach des Kindergartens ist in Leichtbausweise ausgeführt und nach Angaben der Bauabteilung Weilerbach nicht für die Installation von PV-Anlagen geeignet.

Das Bürgerhaus verfügt über eine Gesamtlachdachfläche von ca. 1.000 m², die sich dreigeteilt auf unterschiedlichem Höhenniveau befindet. Die Dachflächen verfügen über eine hohe Anzahl von Durchdringungen und Dacheinbauten sowie Oberlichtern. Die verfügbare Fläche reduziert sich dadurch auf ca. 50 m², was zu einer Anlagenleistung von etwa 3 kWp führt.

In der Summe könnten auf den betrachteten Gebäuden demnach ca. 25 kWp an Anlagenleistung installiert werden. Mit einem Ertrag von 850 kWh/kWp und Jahr lassen sich damit etwa 21.250 kWh Solarstrom jährlich erzeugen. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von

ca. 14.600 kg oder 14,6 t/Jahr. In 20 Jahren könnten über die Anlagen etwa 292 t CO₂ eingespart werden.

Die Anlagen sind grundsätzlich wirtschaftlich zu betreiben.

5. Zusammenfassung

Für die Variante 1 kann geschlussfolgert werden, dass die Bruttowärmekosten aller Holzsysteme relativ nahe zusammen liegen. Die Referenzanlage im Bürgerhaus hat eindeutig höhere Wärmekosten als der Nahwärmeverbund. Insgesamt wirkt es sich nur wenig aus, ob die Kosten für das Bauwerk in die Kalkulation einbezogen werden.

Für die Stückholzvariante entstehen leicht höhere Gesamtkosten als für eine Hackschnitzanlage. Dies liegt vor allem in dem hohen Personalaufwand begründet. Aus Sicht nachhaltiger Entwicklung und zur Erlangung regionaler Wertschöpfung ist diese jedoch das ausschlaggebende Kriterium, eine Anlage auf Stückholzbasis zu bauen. Die Personalkosten liegen bei einer Stückholzvariante bei ca. 15.000 €/Jahr. Dies könnte einen Arbeitsplatz für einen geringfügig Beschäftigten oder eine Teilzeitkraft darstellen. Darüber hinaus werden Arbeitsplätze im Bereich der Holzlogistik gesichert.

Bei Variante 2 wurde gezeigt, dass ein Nahwärmenetz aus wirtschaftlicher Sicht nicht unmittelbar günstiger ist als das Referenzsystem. Erst nach etwa 7 Jahren wäre eine Kombination aus Holz hackschnitzelanlage mit einem Ölspitzenlastkessel wirtschaftlich konkurrenzfähig.

Die Sensitivitätsbetrachtung der Variante 1 zeigt, dass alle Holzanlagen (auch in Kombination mit einem Heizölspitzenlastkessel) auf Dauer einen besseren Wärmepreis erzielen, als das Referenzsystem. Auch bei Variante 2 sollte aus regionalpolitischer Sicht der Holzheizanlage als Grundlastversorgung der Vorrang eingeräumt werden.

Die Erstellung eines Nahwärmeverbundes auf Holzbasis bringt viele Vorteile für die Region mit sich. Stückholz z.B. kann den Kostenkreislauf nahezu vollkommen in der Region halten. Mit dem Arbeitseinsatz im eigenen Forst wird das Energiegut regional aufbereitet und getrocknet. Der Transport findet ebenfalls in der Region statt, da sich größere Anfahrtswege nicht kosteneffizient darstellen lassen. Bei der Herstellung von Holz hackschnitzeln werden Maschinen zum Hacken des Brenngutes benötigt, die meist durch externe Lohnunternehmen gestellt und bedient werden. Damit wird der Kreislauf des Mehrwertes für die direkte Region geringfügig unterbrochen. Vergleicht man den Kreislauf mit der Wärmeandienung über Holzpellets zu Holz hackschnitzeln, so werden Holzpellets oft aus anderen Regionen relativ zentral bereitgestellt.

Vergleicht man fossile und holzbasierte Energieträger ergeben sich folgende Vorteile durch die Holznutzung:

- Verringerung des Treibhauseffektes
- Verringerung des sauren Regens
- Verringerung des Transportrisikos
- Arbeitsplatzschaffung
- Kostenvorteil durch regionale Energiepolitik
- Versorgungssicherheit
- Lagerungsfähigkeit

Die genannten Vorteile können von der Gemeinde als Attraktivität im Bereich Innovation verbucht werden und der Nahwärmeverbund kann medienwirksam in die Öffentlichkeit gebracht werden.

Aus ökologischer Sicht ergibt sich der Vorteil, dass Energieträger aus Holz wie Stückholz, Holzhackschnitzel oder Holzpellets im Gegensatz zu fossilen Energieträgern als CO₂-Neutral bezeichnet werden. Bei der Verbrennung von holzartiger Biomasse werden die Mengen an Kohlendioxid (CO₂) freigesetzt, die zuvor durch die Pflanze während des Wachstums von der Umwelt aufgenommen werden (natürlicher Kohlendioxidkreislauf).

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die Errichtung eines Nahwärmverbundes auf Holzbasis sowohl aus ökologischer wie auch aus ökonomischer und sozialer Sicht Vorteile gegenüber der Heizöl- oder Erdgasnutzung hat. Das Projekt erfüllt damit die allgemeinen Nachhaltigkeitskriterien und ist insgesamt positiv zu bewerten.