TSB

Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung

ENERGIEKONZEPT

Nahwärmeverbund Simmern

Mit freundlicher Unterstützung des:

Rheinland-Pfalz

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Simmern
Postfach 220
55462 Simmern

Auftragnehmer Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH
Transferstelle Bingen
Berlinstraße 109
55411 Bingen

Leiter	Prof. Dr. Ralf Simon
Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Wirtz
	Dipl.-Ing. (FH) Achim Wolf
Telefon	06721 / 409 229
Telefax	06721 / 409 129
Homepage	www.tsb-energie.de

Projektnummer 1077
Datum 15. November 2005

Inhalt

1 Einleitung ... 4

2 Ist-Analyse ... 7
2.1 Freizeitbad / Hunsrückhalle ... 9
2.2 Rottmann-Grundschule ... 10
2.3 DRK / Post ... 11
2.4 Einkaufsmarkt ... 11
2.5 Rathaus ... 12
2.6 Finanzamt ... 13
2.7 Amtsgericht ... 13
2.8 Kulturamt / DLR Simmern ... 14
2.9 Schloss ... 14
2.10 Wärmebedarf der Liegenschaften ... 15

3 Dezentrale Wärmeversorgung ... 16
3.1 Energiebilanz dezentrale Wärmeversorgung ... 17
3.2 CO_2-Emissionsbilanz dezentrale Wärmeversorgung ... 18

4 Zentrale Wärmeversorgung ... 19
4.1 Nahwärmenetze ... 20
4.2 Wärmebedarf der zentralen Wärmeversorgung ... 21
4.3 Wärmeerzeugung auf Holzbasis ... 22
4.4 Wärme- und Stromerzeugung auf Pflanzenölbasis ... 24
4.5 Energiebilanz zentrale Wärmeversorgung ... 26
4.6 CO_2- Emissionsbilanz der zentralen Wärmeversorgung ... 28
4.7 Wirtschaftlichkeit ... 31
4.7.1 Rahmenbedingungen Wirtschaftlichkeit ... 32
4.7.2 Investitionen Heiztechnik kleiner Nahwärmeverbund ... 33
4.7.3 Investitionen Heiztechnik großer Nahwärmeverbund ... 35
4.7.4 Jahreskosten kleiner Nahwärmeverbund ... 36
4.7.5 Jahreskosten großer Nahwärmeverbund ... 37
4.7.6 Jahreskosten / -erlöse ... 38
4.7.7 Wirtschaftlichkeit kleiner Verbund ... 39
4.7.8 Wirtschaftlichkeit großer Verbund ... 40
4.8 Sensitivitätsanalyse ... 42
4.8.1 Sensitivität kleiner Nahwärmeverbund ... 42
4.8.2 Sensitivität großer Nahwärmeverbund ... 45

5 Nutzungsmöglichkeiten Solarenergie ... 48
5.1 Solarthermie ... 48
5.2 Fotovoltaik ... 54

6 Zusammenfassung ... 59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht kleiner Verbund 4
Tabelle 2: Übersicht großer Verbund 4
Tabelle 3: Kenndaten Heizkessel Schwimmbad 9
Tabelle 4: BHKW Kenndaten Schwimmbad 9
Tabelle 5: Kenndaten Rottmann-Grundschule 10
Tabelle 6: Kenndaten DRK / Post 11
Tabelle 7: Kenndaten Einkaufsmarkt 11
Tabelle 8: Kenndaten Rathaus 12
Tabelle 9: Kenndaten Finanzamt 13
Tabelle 10: Kenndaten Amtsgericht 13
Tabelle 11: Kenndaten Kulturamt / DLR Simmern 14
Tabelle 12: Kenndaten Schloss 14
Tabelle 13: Übersicht Wärmebedarf und Heizleistung 15
Tabelle 14: Energiebilanz Ist-Zustand klein 17
Tabelle 15: Energiebilanz Ist-Zustand groß 17
Tabelle 16: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Ist-Zustand klein 18
Tabelle 17: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Ist-Zustand groß 18
Tabelle 18: Nahwärme kleiner Verbund 20
Tabelle 19: Nahwärme großer Verbund 20
Tabelle 20: Wärmebedarf und Wärmeleistung kleiner Verbund 21
Tabelle 21: Wärmebedarf und Wärmeleistung großer Verbund 21
Tabelle 22: Energiebilanz kleiner Verbund (Varianten 1a, 2a und 3a) 26
Tabelle 23: Energiebilanz großer Verbund (Varianten 1b, 2b und 3b) 27
Tabelle 24: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 1a 28
Tabelle 25: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 1b 28
Tabelle 26: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 2a 29
Tabelle 27: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 2b 29
Tabelle 28: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 3a 30
Tabelle 29: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 3b 30
Tabelle 30: Investitionskosten kleiner Nahwärmeverbund 33
Tabelle 31: Investitionskosten großer Nahwärmeverbund 35
Tabelle 32: Ergebnis Wirtschaftlichkeit kleiner Verbund 36
Tabelle 33: Ergebnis Wirtschaftlichkeit großer Verbund 37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan 8
Abbildung 2: Draufsicht HHS-Bunker und HHS-Kessel [Fa. Mawera] 23
Abbildung 3: Beispiel eines pflanzlichen Ölmoleküls [Quelle: VWP] 25
Abbildung 4: Kosten und Erlöse kleiner Verbund 38
Abbildung 5: Kosten und Erlöse großer Verbund 39
Abbildung 6: Übersicht Wärmepreise kleiner Verbund 40
Abbildung 7: Übersicht Wärmepreise großer Verbund 41
Abbildung 8: Sensitivität Erdgas kleiner Verbund 42
Abbildung 9: Sensitivität Heizöl kleiner Verbund 43
Abbildung 10: Sensitivität Holzhackschnitzel kleiner Verbund 43
Abbildung 11: Sensitivität Pflanzenöl kleiner Verbund 44
Abbildung 12: Sensitivität Erdgas großer Verbund 45
Abbildung 13: Sensitivität Heizöl großer Verbund 46
Abbildung 14: Sensitivität Holzhackschnitzel großer Verbund 46
Abbildung 15: Sensitivität Pflanzenöl großer Verbund 47
Abbildung 16: Wirkungsgrad verschiedener Systeme (Quelle: Öko-Institut) 49
Abbildung 17: Flachkollektor (Quelle: Solarserver) 50
Abbildung 18: Vakuumröhrenkollektor (Quelle: Solarserver) 50
Abbildung 19: Luftbild Freizeitbad und Hunsrückhalle 52
Abbildung 20: Luftbild Rottmann-Grundschule 53
Abbildung 21: Aufbau einer Solarzelle (Quelle: EUPOS) 54
Abbildung 22: Verschiedene Solarzellen (Quelle: CD Solarenergie) 55
Abbildung 23: Fotovoltaikmodule (Quelle: Fa. Thyssen und Fa. Braas) 55
Abbildung 24: Inselanlage und netzgekoppelte Anlage (Quelle: CD Solarenergie) 56
Abbildung 25: Anlagenertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung 57

1 Einleitung

Zwischen dem Freizeitbad und der Hunsrückhalle in Simmern besteht ein Nahwärmeverbund. Die Wärmeversorgung erfolgt durch zwei Brennwertkessel und zwei Blockheizkraftwerke (BHKW). Ein BHKW ist kürzlich erneuert worden. Die Anlagen können mit Erdgas oder wahlweise mit Heizöl betrieben werden.

Aufgrund des kurzfristigen Erneuerungsbedarfs des zweiten BHKW's ist von der Verbandsgemeindeverwaltung angedacht, die Wärmeerzeugung für den bestehenden Nahwärmeverbund zu erweitern. In der Nähe des Freizeitbads befindet sich die Rottmann-Grundschule. Dort sind zwei erdgasbefeuerte Heizkessel (Baujahr 1992 und 2003) installiert.

Hinter der Rottmann-Grundschule befindet sich eine ehemalige Liegenschaft der Deutschen Post, welche heute im Besitz des Deutschen Roten Kreuzes ist. Das Gebäude ist stark sanierungsbedürftig und wird durch einen Heizölkessel (Baujahr 1978) beheizt.

Diese fünf Liegenschaften werden im Folgenden als kleines Nahwärmenetz zusammengefasst:

Liegenschaft **Kleines Nahwärmenetz**	Träger	installierte Leistung	Brennstoff	Baujahr
Grundschule	Verbandsgemeinde	475	Erdgas	1992 / 2003
Freizeitbad & Hunsrückhalle	Verbandsgemeinde	1.260	Erdgas / Heizöl	1991 / 1992
DRK / Post	Deutsches Rotes Kreuz	290	Heizöl	1978
Einkaufsmarkt	Verbandsgemeinde	175	Heizöl	1981
Rathaus	Verbandsgemeinde	320	Erdgas	2000 / 2000

Tabelle 1: Übersicht kleiner Verbund

In einem großen Nahwärmenetz könnten neben den drei oben genannten Liegenschaften folgende Gebäude über eine Ringleitung verbunden werden:

Liegenschaft **Großes Nahwärmenetz**	Träger	installierte Leistung	Brennstoff	Baujahr
Grundschule	Verbandsgemeinde	475	Erdgas	1992 / 2003
Freizeitbad & Hunsrückhalle	Verbandsgemeinde	1.260	Erdgas / Heizöl	1991 / 1992
DRK / Post	Deutsches Rotes Kreuz	290	Heizöl	1978
Einkaufsmarkt	Verbandsgemeinde	175	Heizöl	1981
Rathaus	Verbandsgemeinde	320	Erdgas	2000 / 2000
Finanzamt	LBB Rheinland-Pfalz	140	Erdgas	1995
Amtsgericht	LBB Rheinland-Pfalz	206	Erdgas	1992 / 1998
DLR Kulturamt	LBB Rheinland-Pfalz	230	Erdgas	1990 / 1990
Schloss	Verbandsgemeinde	240	Erdgas	1999

Tabelle 2: Übersicht großer Verbund

Zunächst wird in einer Ist-Analyse die derzeitige Wärmeversorgung der Objekte dokumentiert und der Wärmebedarf mithilfe von Verbrauchsdaten überschlägig ermittelt. Darauf basiert dann die Auslegung der Wärmeerzeuger.

Die Basisvarianten stellen die derzeitige Wärmeversorgung inklusive der erneuerungsbedürftigen Heizkessel in der entsprechenden Zusammenfassung für die beiden unterschiedlich großen Nahwärmenetze dar.

Das neue BHKW in der Heizzentrale des Schwimmbads wird bei allen Varianten integriert, die Wirtschaftlichkeitsberechnung beinhaltet daher für dieses Aggregat keine Kapitalkosten.

Zur Wärmeversorgung des kleinen Nahwärmeverbunds werden folgende Varianten gegenübergestellt:

Variante 1a	Wärmeerzeugung des kleinen Nahwärmeverbundes mittels Erdgas / Heizöl
Variante 2a	Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzeln und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastabdeckung
Variante 3a	Wärmeerzeugung mittels eines zusätzlichen Pflanzenöl-BHKW's und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastabdeckung

Aufgrund der besseren Vergleichbarkeit wird in allen Varianten eine neue Kesselanlage ausgelegt. In der Praxis werden die vorhandenen Kessel in das Nahwärmenetz eingebunden und nach Bedarf erneuert.

Zur Wärmeversorgung des großen Nahwärmeverbunds werden folgende Varianten gegenübergestellt:

Variante 1b	Wärmeerzeugung des großen Nahwärmeverbunds mittels Erdgas / Heizöl
Variante 2b	Wärmeerzeugung des großen Nahwärmeverbunds mittels Holzhackschnitzelkessel und Erdgas / Heizöl – Spitzenlast kessel
Variante 3b	Wärmeerzeugung mittels eines zusätzlichen Pflanzenöl-BHKW's und Erdgas- / Heizöl- Spitzenlastkessel

Für alle Varianten wird eine Energiebilanz durchgeführt, die die Grundlage für die ökologische Bewertung in Form von einer Kohlendioxid-Emissionsbilanz sowie für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist.

Grundlage aller Berechnungen sind die vorhandenen Abrechnungen der Energieversorger aus den vergangenen Jahren. Für eine genauere Auslegung sind eine umfassende Wärmebedarfsberechnung der Gebäude oder eine Lastgangmessung elektrischer und thermischer Leistungsverläufe notwendig.

Zur Bewertung der Varianten werden die Basisvarianten als derzeitige Wärmeversorgung gegenübergestellt.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung umfasst eine Sensitivitätsbetrachtung, in der der Einfluss von Brennstoffpreisänderungen auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten gezeigt wird.

Die Ergebnisse der Studie werden in der Zusammenfassung dargestellt, sodass diese als Entscheidungshilfe beitragen kann.

2 Ist-Analyse

Die Ist-Analyse wertet zunächst die Energieverbrauchsdaten und die Kenngrößen der installierten Heizanlagen in den zu untersuchenden Gebäuden aus.

Zur Auslegung der gemeinsamen Wärmeversorgung werden die neu berechneten Daten herangezogen, um eine Überdimensionierung zu vermeiden.

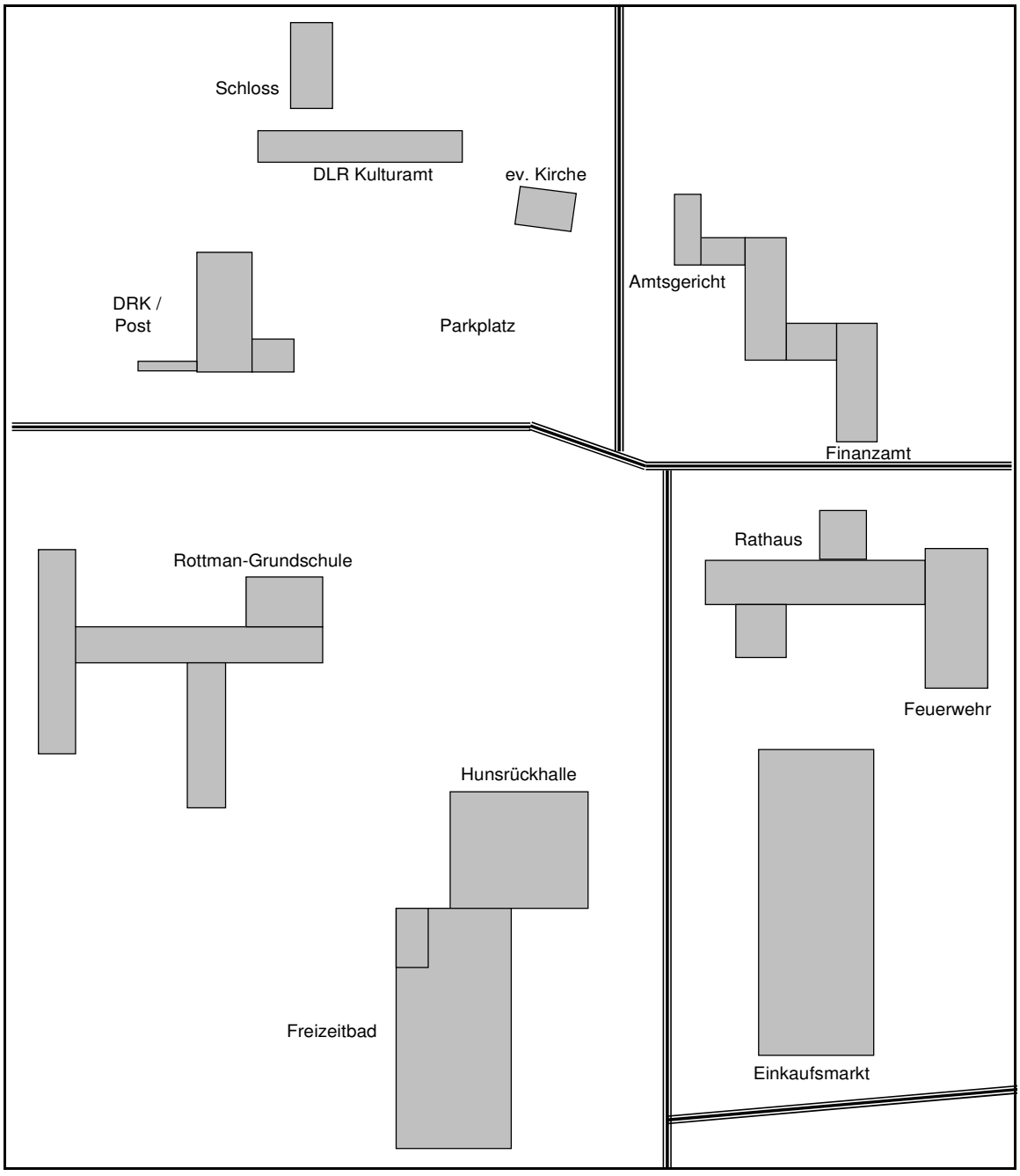

Abbildung 1: Lageplan

2.1 Freizeitbad / Hunsrückhalle

Das Freizeitbad besitzt eine Wasserfläche von 535 m² und eine gesamte Grundfläche von 2.090 m². Bisher dienten zwei Kessel mit Zweistoffbrennern (Heizöl/Erdgas) und zwei BHKW's zur Wärmeerzeugung. Außerdem wird mit dieser Anlage die Hunsrückhalle beheizt.

Der installierte Heizkessel weist folgende Kenndaten auf:

Kesselleistung 1	kW_{th}	480
Kesseltyp 1		Buderus
Kesselleistung 2	kW_{th}	480
Kesseltyp 2		Buderus
Baujahr Kessel 1		1991
Baujahr Kessel 2		1991
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 1		Weishaupt
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 2		Weishaupt
Bj. Brenner 1		1992
Bj. Brenner 2		1992
Brennstoff Kessel		Zweistoff

Tabelle 3: Kenndaten Heizkessel Schwimmbad

Die bisher installierten BHKW's weisen die in der folgenden Tabelle aufgeführten Kenndaten auf. Ein BHKW ist nach einem Defekt kürzlich ausgetauscht worden, da darüber jedoch noch keine Daten vorliegen, wird im Folgenden ein dem alten Aggregat baugleiches BHKW angenommen.

BHKW 1 Stromleistung	kW_{el}	100
BHKW 1 Wärmeleistung	kW_{th}	150
BHKW 1 Effizienz		0,89
BHKW 1 Wirkungsgrad el.		0,35
BHKW 1 Wirkungsgrad th.		0,54
BHKW 1 Typ		Iveco
BHKW 2 Stromleistung	kW_{el}	100
BHKW 2 Wärmeleistung	kW_{th}	150
BHKW 2 Effizienz		0,89
BHKW 2 Wirkungsgrad el.		0,35
BHKW 2 Wirkungsgrad th.		0,54
BHKW 2 Typ		Iveco
Brennstoff BHKW		Zweistoff

Tabelle 4: BHKW Kenndaten Schwimmbad

2.2 Rottmann-Grundschule

Die Grundschule verfügt über eine beheizte Fläche von 4.644 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 652.000 kWh_{Ho} pro Jahr. Diese Werte entsprechen einem spezifischen Wärmebedarf von 140 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

In der Rottmann-Grundschule sind zurzeit zwei Heizkessel mit folgenden Kenndaten installiert:

Kesselleistung 1	kW_{th}	480
Kesseltyp 1		Buderus
Kesselleistung 2	kW_{th}	480
Kesseltyp 2		Buderus
Baujahr Kessel 1		1991
Baujahr Kessel 2		1991
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 1		Weishaupt
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 2		Weishaupt
Bj. Brenner 1		1992
Bj. Brenner 2		1992
Brennstoff Kessel		Zweistoff

Tabelle 5: Kenndaten Rottmann-Grundschule

2.3 DRK / Post

Das Gebäude des Deutschen Roten Kreuzes wurde früher von der Deutschen Post genutzt. Daher besitzt es große ungedämmte Tore, die heute nicht mehr benötigt werden. Der derzeitige Besitzer möchte das Haus energetisch sanieren, wodurch sich erhebliche Einsparungen im Wärme- und im Leistungsbedarf ergeben. Angenommen werden eine Einsparung von ca. 30 % der Leistung und 50 % des Wärmebedarfs. Der Heizölverbrauch liegt bei ca. 33.000 l pro Jahr bzw. 330.000 kWh_{Hu} pro Jahr. Die Energiebezugsfläche ist nicht bekannt.

Zurzeit ist folgende Kesselanlage installiert:

Kesselleistung	kW_{th}	290
Kesseltyp		Yanis
Bj. Kessel		1978
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp		n.b.
Bj. Brenner		n.b.
Brennstoff Kessel		Heizöl

Tabelle 6: Kenndaten DRK / Post

2.4 Einkaufsmarkt

Der Einkaufsmarkt ist eine ca. 500 m² große freitragende Halle mit einer tonnenförmigen Dachkonstruktion aus Holz. Zum Dämmstandard können keine genaueren Angaben gemacht werden. Der mittlere Heizölverbrauch liegt bei ca. 18.000 l pro Jahr bzw. 180.000 kWh_{Hu} pro Jahr, daraus ergibt sich ein spezifischer Wert von 360 $kWh_{Hu}/(m^2*a)$.

Die Wärmeerzeugung wird durch eine Kesselanlage mit folgenden Kenndaten geleistet:

Kesselleistung	kW_{th}	175,0
Kesseltyp		Buderus
Bj. Kessel		1981
Brennerleistung	kW_{th}	n.b.
Brennertyp		n.b.
Bj. Brenner		n.b.
Brennstoff Kessel		Heizöl

Tabelle 7: Kenndaten Einkaufsmarkt

2.5 Rathaus

Das Rathaus und die Feuerwache befinden sich in einem Gebäudekomplex mit einer Energiebezugsfläche von 4.629 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 387.000 kWh_{Ho} pro Jahr. Das entspricht einem spezifischen Wert von 84 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

Das Rathaus und die Feuerwehr werden durch eine gemeinsame Heizanlage Wärme versorgt, welche folgenden Kennwerte aufweist:

Kesselleistung 1	kW_{th}	140
Kesseltyp 1		Buderus
Kesselleistung 2	kW_{th}	180
Kesseltyp 2		Buderus
Bj. Kessel 1		2000
Bj. Kessel 2		2000
Brennerleistung 1	kW_{th}	40....350
Brennertyp 1		Weishaupt
Brennerleistung 2	kW_{th}	40....350
Brennertyp 2		Weishaupt
Bj. Brenner 1		2000
Bj. Brenner 2		2000
Brennstoff Kessel		Gas

Tabelle 8: Kenndaten Rathaus

2.6 Finanzamt

Das Finanzamt ist mit dem Amtsgericht über einen Flur verbunden, die Heizungsanlagen arbeiten jedoch getrennt. Das Finanzamt hat eine Energiebezugsfläche von 1.412 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 169.000 kWh_{Ho} pro Jahr, das entspricht einem spezifischen Wert von 120 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

Die Wärmeversorgung weist folgende Kenndaten auf:

Kesselleistung	kW_{th}	140
Kesseltyp		Buderus
Bj. Kessel		1995
Brennerleistung	kW_{th}	44....140
Brennertyp		MAN
Bj. Brenner		1998
Brennstoff Kessel		Gas

Tabelle 9: Kenndaten Finanzamt

2.7 Amtsgericht

Das Amtsgericht hat eine Energiebezugsfläche von 1.925 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 266.000 kWh_{Ho} pro Jahr, das entspricht einem spezifischen Wert von 138 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

Die Heizungsanlage weist folgende Kenndaten auf:

Kesselleistung 1	kW_{th}	103
Kesseltyp 1		Buderus
Kesselleistung 2	kW_{th}	103
Kesseltyp 2		Buderus
Bj. Kessel 1		1992
Bj. Kessel 2		1998
Brennerleistung 1		n.b.
Brennertyp 1		Riello
Brennerleistung 2		n.b.
Brennertyp 2		Giersch
Bj. Brenner 1		1992
Bj. Brenner 2		1998
Brennstoff Kessel		Erdgas

Tabelle 10: Kenndaten Amtsgericht

2.8 Kulturamt / DLR Simmern

Das Kulturamt verfügt über eine beheizte Fläche von 2.580 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 290.000 kWh_{Ho} pro Jahr. Diese Werte entsprechen einem spezifischen Wärmebedarf von 112 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

Im Gebäude sind zurzeit zwei Heizkessel mit folgenden Kenndaten installiert:

Kesselleistung 1	kW_{th}	115
Kesseltyp 1		Buderus
Kesselleistung 2	kW_{th}	115
Kesseltyp 2		Buderus
Bj. Kessel 1		1990
Bj. Kessel 2		1990
Brennerleistung 1	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 1		Weishaupt
Brennerleistung 2	kW_{th}	n.b.
Brennertyp 2		Weishaupt
Bj. Brenner 1		n.b.
Bj. Brenner 2		n.b.
Brennstoff Kessel		Erdgas

Tabelle 11: Kenndaten Kulturamt / DLR Simmern

2.9 Schloss

Das Schloss verfügt über eine beheizte Fläche von 2.100 m² und einen mittleren Erdgasverbrauch von 344.000 kWh_{Ho} pro Jahr. Diese Werte entsprechen einem spezifischen Wärmebedarf von 164 $kWh_{Ho}/(m^2*a)$.

Im Gebäude ist ein Heizkessel mit folgenden Kenndaten installiert:

Kesselleistung	kW_{th}	240
Kesseltyp		Buderus
Bj. Kessel		1999
Brennerleistung	kW_{th}	50….350
Brennertyp		Weishaupt
Bj. Brenner		1999
Brennstoff Kessel		Erdgas

Tabelle 12: Kenndaten Schloss

2.10 Wärmebedarf der Liegenschaften

Die Ist-Analyse überprüft mit gebäudespezifischen Werten zum Wärmebedarf und zur Wärmeleistung die installierte Heizleistung in den einzelnen Gebäuden. Zur Auslegung der Heizzentrale für eine gemeinsame Wärmeversorgung werden die neu ermittelten Daten herangezogen, um eine Überdimensionierung zu vermeiden.

In der folgenden Tabelle sind die Daten zum Wärmebedarf und zur Wärmeleistung der Gebäude zusammengefasst.

Gebäude	Wärmebedarf kWh_{th}/a	Wärmeleistung IST: kW_{th}
Grundschule	606.000	475
Freizeitbad & Hunsrückhalle	3.456.000	1.260
DRK / Post	182.000	290
Einkaufsmarkt	148.000	175
Rathaus	360.000	320
Finanzamt	134.000	140
Amtsgericht	243.000	206
DLR Kulturamt	263.000	230
Schloss	348.000	240
gesamt:	5.740.000	3.336

Tabelle 13: Übersicht Wärmebedarf und Heizleistung

Der Wärmebedarf und die neuen Wärmeleistungen sind die Grundlage zur Auslegung der Heizzentralen in einer gemeinsamen Wärmeversorgung.

3 Dezentrale Wärmeversorgung

Die derzeitige, dezentrale Wärmeversorgung der Liegenschaften dient als Vergleichsgrundlage für die Varianten mit einer Heizzentrale.

Um eine Vergleichsgrundlage zu erhalten, werden die Gebäude, die sich in einer Variante zur gemeinsamen Wärmeversorgung befinden, zu einer Basisvariante zusammengefasst. Aus den vorgesehenen Varianten mit Heizzentrale resultiert folgende Einteilung:

Basisvariante: Ist-Zustand kleiner Verbund

- Freizeitbad / Hunsrückhalle
- Rottmann-Grundschule
- Rathaus
- DRK / Post
- Einkaufsmarkt

Basisvariante: Ist-Zustand großer Verbund

- Freizeitbad / Hunsrückhalle
- Rottmann-Grundschule
- Einkaufsmarkt
- Amtsgericht
- Schloss
- DRK / Post
- Rathaus / Feuerwache
- Finanzamt
- Kulturamt / DLR Simmern

Anhand des Wärmebedarfs aus der Ist-Analyse wird eine Energie- und Kohlendioxidbilanz für die Einzelversorgung aufgestellt.

Darauf basiert die Bestimmung der Verbrauchskosten in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die Jahreskosten für die derzeitige Einzelversorgung setzen sich in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus den Verbrauchs- und Betriebskosten zusammen. Da die Nutzungsdauer vieler Heizkessel noch nicht erreicht ist, werden hier keine Investitionskosten für eine Erneuerung der Kesselanlagen zu Grunde gelegt.

3.1 Energiebilanz dezentrale Wärmeversorgung

Die Energiebilanz der dezentralen Wärmeversorgung fasst das Erlebnisbad mit Hunsrückhalle, die Rottmann-Grundschule, den Einkaufsmarkt, das Rathaus und das Gebäude des DRK zusammen.

Liegenschaft	Träger	installierte Leistung	Brennstoff	Baujahr
Grundschule	Verbandsgemeinde	475	Erdgas	1992 / 2003
Freizeitbad & Hunsrückhalle	Verbandsgemeinde	1.260	Erdgas / Heizöl	1991 / 1992
DRK / Post	Deutsches Rotes Kreuz	290	Heizöl	1978
Einkaufsmarkt	Verbandsgemeinde	175	Heizöl	1981
Rathaus	Verbandsgemeinde	320	Erdgas	2000 / 2000
gesamt:		2.520		

Tabelle 14: Energiebilanz Ist-Zustand klein

Die Energiebilanz der dezentralen Wärmeversorgung für alle neun Gebäude stellt sich wie folgt dar:

Liegenschaft	Träger	installierte Leistung	Brennstoff	Baujahr
Grundschule	Verbandsgemeinde	475	Erdgas	1992 / 2003
Freizeitbad & Hunsrückhalle	Verbandsgemeinde	1.260	Erdgas / Heizöl	1991 / 1992
DRK / Post	Deutsches Rotes Kreuz	290	Heizöl	1978
Einkaufsmarkt	Verbandsgemeinde	175	Heizöl	1981
Rathaus	Verbandsgemeinde	320	Erdgas	2000 / 2000
Finanzamt	LBB Rheinland-Pfalz	140	Erdgas	1995
Amtsgericht	LBB Rheinland-Pfalz	206	Erdgas	1992 / 1998
DLR Kulturamt	LBB Rheinland-Pfalz	230	Erdgas	1990 / 1990
Schloss	Verbandsgemeinde	240	Erdgas	1999
gesamt:		3.336		

Tabelle 15: Energiebilanz Ist-Zustand groß

Im Folgenden werden die Varianten 1a, 2a und 3a jeweils für den kleinen Nahwärmeverbund, die Varianten 1b, 2b und 3b für den großen Nahwärmeverbund betrachtet.

3.2 CO_2-Emissionsbilanz dezentrale Wärmeversorgung

Die ökologische Bewertung der Wärmeversorgung erfolgt anhand der Kohlendioxid-Emissionen. Dazu wird aus der eingesetzten Brennstoffmenge und der spezifischen CO_2-Emission des eingesetzten Brennstoffs der jährliche Kohlendioxid-Ausstoß berechnet.

Für Erdgas beträgt die spezifische CO2-Emission 230 g CO_2/kWh_{Hu}, während Heizöl 300 g CO_2/kWh_{BS},

In den folgenden beiden Kohlendioxid-Emissionsbilanzen sind die jährlichen CO_2-Emissionen im Einzelnen aufgeführt:

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Ist-Zustand klein
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh_{Hu}/a	4.308.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	2.671.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh_{Hu}	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh_{BS}	342
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh_{el}	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	1.340.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	1.340

Tabelle 16: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Ist-Zustand klein

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Ist-Zustand groß
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh_{Hu}/a	5.485.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	2.671.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh_{Hu}	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh_{BS}	342
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh_{el}	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	1.646.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	1.646

Tabelle 17: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Ist-Zustand groß

4 Zentrale Wärmeversorgung

Aufgrund der Lage der öffentlichen Gebäude in Simmern wird in dieser Studie eine gemeinsame Wärmeversorgung der Liegenschaften betrachtet. Hierzu werden verschiedene Nahwärmenetze untersucht, um sie auf ihre Wirtschaftlichkeit hin zu prüfen.

Folgende Varianten umfasst die Machbarkeitsstudie:

Varianten 1a, 2a, 3a kleiner Verbund:

Variante 1a: Wärmeerzeugung mittels insgesamt 1.600 kW_{th} Heizleistung Heizöl-/ Erdgaskessel und 2 BHKW (Heizöl-/ Erdgas mit je 150 kW_{th} / 100kWel)

Variante 2a: Wärmeerzeugung mittels 600 kW_{th} Holzhackschnitzelkessel und 1.200 kW_{th} Heizöl / Erdgas Spitzenlastkessel sowie 1 BHKW (Heizöl-/ Erdgas, 150 kW_{th} / 100kWel)

Variante 3a: Wärmeerzeugung mittels insgesamt 1.600 kW_{th} Heizleistung Heizöl-/ Erdgaskessel und 1 Pflanzenöl- BHKW (200 kW_{th} / 168 kW_{el}) sowie 1 BHKW (Heizöl-/ Erdgas, 150 kW_{th} / 100 kW_{el})

Variante 1b, 2b, 3b großer Verbund:

Variante 1b: Wärmeerzeugung mittels insgesamt 2.200 kW_{th} Heizleistung Heizöl-/ Erdgaskessel und 2 BHKW (Heizöl-/ Erdgas, mit je 150 kW_{th} / 100 kW_{el})

Variante 2b: Wärmeerzeugung mittels 600 kW_{th} Holzhackschnitzelkessel und 1.600 kW_{th} Heizöl- / Erdgas Spitzenlastkessel sowie 2 BHKW (Heizöl- / Erdgas, je 150 kW_{th} / 100kWel)

Variante 3b: Wärmeerzeugung mittels insgesamt 2.200 kW_{th} Heizleistung Heizöl-/ Erdgaskessel und Pflanzenöl- BHKW (200 kW_{th} / 168 kW_{el}) sowie BHKW (Heizöl-/ Erdgas, 150 kW_{th} / 100 kW_{el})

In einem Lageplan sind die aufgeführten Gebäude abgebildet, der sich im Kapitel 1 „Einleitung“ befindet.

4.1 Nahwärmenetze

Die zentralen Varianten umfassen ein kleines und ein großes Nahwärmenetz. Diese sind in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt. Die exakte Verlegung der Trassen ist in der Planung zu erarbeiten, in diesem Energiekonzept werden die Trassenlängen anhand des Katasterplans abgeschätzt und die zu erwartenden Wärmeverluste dargestellt.

Nahwärmeleitung		**gesamt**
Trassenlänge	m	**530 m**
davon Grünfläche	m	**130 m**
davon Pflaster	m	**155 m**
davon geschl. Teerdecke	m	**190 m**
davon Kellerräume	m	**55 m**
Wärmeverluste	**kW_{th}**	**5 kW_{th}**
Nahwärmeverluste	**kWh_{th}/a**	**47.000 kWh_{th}/a**

Tabelle 18: Nahwärme kleiner Verbund

Nahwärmeleitung		**gesamt**
Trassenlänge	m	**905 m**
davon Grünfläche	m	**310 m**
davon Pflaster	m	**230 m**
davon geschl. Teerdecke	m	**235 m**
davon Kellerräume	m	**180 m**
Wärmeverluste	**kW_{th}**	**15 kW_{th}**
Nahwärmeverluste	**kWh_{th}/a**	**84.000 kWh_{th}/a**

Tabelle 19: Nahwärme großer Verbund

4.2 Wärmebedarf der zentralen Wärmeversorgung

Zur Auslegung der Heizzentrale in den unterschiedlichen Varianten werden der zugehörige Wärmebedarf und die notwendige Wärmeleistung ermittelt. Außerdem sind die Verluste durch die Nahwärmeleitungen zu berücksichtigen.

Nach der Ist-Analyse ist die Wärmeleistung einiger Gebäude an den Bedarf angepasst.

Für den kleinen Nahwärmeverbund ergibt sich folgender Wärmebedarf und folgende Wärmeleistung:

Gebäude	Wärmebedarf kWh_{th}/a	Wärmeleistung IST: kW_{th}	Wärmeleistung Bedarf: kW_{th}
Grundschule	606.000	475	475
Freizeitbad & Hunsrückhalle	3.456.000	1.260	1.260
DRK / Post	182.000	290	150
Einkaufsmarkt	148.000	175	120
Rathaus	360.000	320	320
gesamt:	4.752.000	2.520	2.325
		Gleichzeitigkeitsfaktor:	0,80
		Bedarf Wärmeleistung:	1.860

Tabelle 20: Wärmebedarf und Wärmeleistung kleiner Verbund

Für den großen Nahwärmeverbund ergibt sich folgender Wärmebedarf und folgende Wärmeleistung:

Gebäude	Wärmebedarf kWh_{th}/a	Wärmeleistung IST: kW_{th}	Wärmeleistung Bedarf: kW_{th}
Grundschule	606.000	475	475
Freizeitbad & Hunsrückhalle	3.456.000	1.260	1.260
DRK / Post	182.000	290	150
Einkaufsmarkt	148.000	175	120
Rathaus	360.000	320	320
Finanzamt	134.000	140	140
Amtsgericht	243.000	206	206
DLR Kulturamt	263.000	230	230
Schloss	348.000	240	240
gesamt:	5.740.000	3.336	3.141
		Gleichzeitigkeitsfaktor:	0,80
		Bedarf Wärmeleistung:	2.510

Tabelle 21: Wärmebedarf und Wärmeleistung großer Verbund

4.3 Wärmeerzeugung auf Holzbasis

Bei der Biomasseerzeugung wird solare Strahlung mit Hilfe von Pflanzen über den Prozess der Photosynthese in organische Materie umgewandelt. Biomasse stellt gespeicherte Sonnenenergie dar und unterscheidet sich damit grundsätzlich von anderen Nutzungsarten der Sonnenenergie. Da z.B. die Windkraft oder die Fotovoltaik direkt an die von der Sonne eingestrahlte Energie gekoppelt sind, unterliegen diese innerhalb kurzer Zeiträume erheblichen Angebotsschwankungen. Diese teilweise heftigen Schwankungen des Energieangebots erfordern zusätzliche Speichersysteme, wenn eine Energieversorgung mit einem hohen Maß an Versorgungssicherheit realisiert werden soll.

Funktionsweise HHS- Kessel

Holzhackschnitzel (HHS) sind etwa streichholzschachtelgroße Holzstücke, die mit speziellen Hackmaschinen aus Restholz hergestellt werden. Durch die gute Schüttfähigkeit der Holzhackschnitzel sind Transport und Beschickung der Feuerungsanlage problemlos. Automatisierte Regelungen, Beschickungen und Entaschungen gewährleisten daher einen kontinuierlichen Betrieb der HHS- Anlage ohne großen Bedienungsaufwand.

Der mit der Dosierschnecke in die Brennkammer gebrachte Brennstoff fällt in die Brennstoffmulde und wird dort unter Zufuhr von Primärluft zunächst getrocknet und dann in Holzgas umgewandelt. Die Verbrennung des Holzgases erfolgt unter Sekundärluftzugabe in der Brennkammer über der Mulde. Die heißen Rauchgase übertragen über Wärmetauscher ihre Energie an das Heizmedium. Für den vorgesehenen Leistungsbereich werden bevorzugt Unterschub- und Vorofenfeuerungen eingesetzt.

Das zu einer modernen Holzfeuerungsanlage gehörende Regelungskonzept unterscheidet die Leistungsregelung, die auf die Anpassung der Wärmeproduktion an den geforderten Wärmebedarf zielt und die Verbrennungsregelung, die durch Minimierung der Emissionen von unverbrannten Gasen eine Wirkungsgraderhöhung der Feuerungsanlage ermöglicht.

Die Staubabscheidung erfolgt je nach Leistungsgröße des Kessels mit einem oder mehreren Zyklonen. Zur Rauchgasreinigung bei Anlagen mit einer Kesselleistung ab ca. 500 kW_{th} werden zusätzlich Gewebe-, Elektrofilter oder eine Rauchgaskondensation eingesetzt.

Lager und Austragung

Die Anforderungen an die Lagerung sowie die Größe des HHS- Lagers und die Wahl des Austragungssystems werden primär durch die Brennstofffeuchte, die zu lagernde Menge und sekundär durch die zur Verfügung stehenden Flächen und die örtlichen Gegebenheiten bestimmt. Das HHS- Lager kann als Silo (z.B. Fahr- oder Turmsilo), als Bunker oder als eigenes Gebäude ausgeführt werden. Alternativ dazu kann der Brennstoff auch in Containern geliefert werden, in denen die Fördertechnik fest integriert ist.

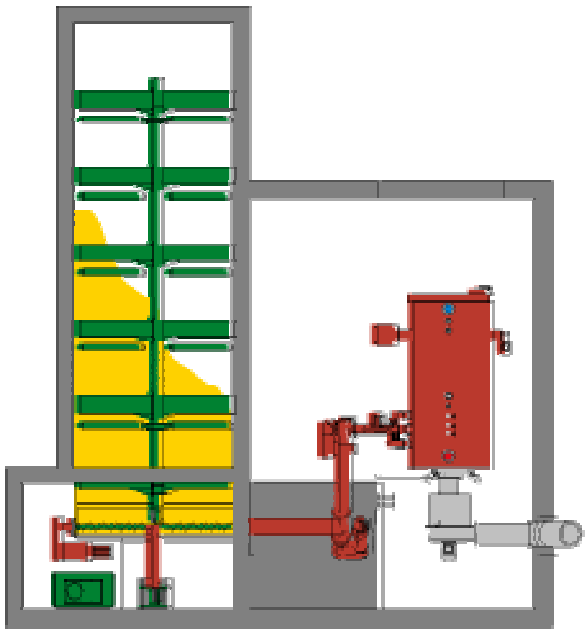

Abbildung 2: Draufsicht HHS-Bunker und HHS-Kessel [Fa. Mawera]

Aus dem HHS- Lager werden die Hackschnitzel über eine Förderanlage kontinuierlich zum Kessel transportiert. Hierzu werden Schubböden, Kreisaustragungen oder Austragschnecken eingesetzt. Diese Techniken ermöglichen eine vollautomatische Entleerung des Lagers.

Zwischen der Siloaustragung und dem Heizkessel wird das Brennmaterial durch Beschickungssysteme zur Feuerung transportiert. Die letzte der Förderschnecken wird auch Dosierschnecke genannt, weil über sie die Leistung der Heizung geregelt wird. Grundsätzlich sollte das Hackschnitzelsilo möglichst nah am Kessel angeordnet sein.

4.4 Wärme- und Stromerzeugung auf Pflanzenölbasis

Bei den hier zum Einsatz kommenden pflanzlichen Ölen handelt es sich um direkt in der Landwirtschaft erzeugte Ölfrüchte. Diese werden durch mechanisches Abpressen in Öle und Ölkuchen getrennt, ohne auf zusätzliche chemische Zwischenschritte zurückgreifen zu müssen. Unter dem Aspekt der zunehmenden CO2-Belastung der Atmosphäre und schwer kalkulierbarer Preise auf den Rohstoffmärkten bedeutet dies die Möglichkeit des Einsatzes von Naturstoffen für technische Prozesse in regionalen Stoffkreisläufen.

Das Pflanzenöl wird äquivalent zu Heizöl in Blockheizkraftwerken (BHKW) verwendet. Hierzu sind die BHKW's entsprechend aufzurüsten und der Wartungsumfang wird angepasst.

Eigenschaften und Technik

In den ersten Jahrzehnten der Entwicklung des Dieselmotors wurden pflanzliche Öle genauso eingesetzt wie mineralische Öle. Die Frage des Kraftstoffes war am Beginn der Dieselmotorentwicklung nicht entschieden. Erst das Auffinden umfangreicher, billiger, leicht erschließbarer mineralischer Ölquellen (Texas, Naher Osten) ermöglichte einen weltweiten massenhaften Konsum dieser Öle. Folglich wurden pflanzliche Öle als Treibstoff, als Schmierstoff und als Chemie-Grundstoff in ihrer Bedeutung zurückgedrängt. Heute geht man jedoch davon aus, dass die Hälfte der billig und leicht abschöpfbaren mineralischen Öle verbraucht sind, so dass etwa ab 2005 eine zunehmende Preissteigerung der Restölmengen erfolgt. Die ersten Tendenzen in diese Richtung sind bereits zu spüren.

Pflanzliches Öl kann in den verschiedensten entwickelten technischen Systemen vielfältig Mineralöl substituieren. Damit steht dem Menschen eine CO_2-neutrale, wieder herstellbare Energieressource zur Verfügung. Der Wiederherstellungspreis der Ressource bewegt sich bei Pflanzenöl zurzeit im Rahmen heutiger Mineralölpreise.

Pflanzliche Öle haben volumenbezogen einen vergleichbaren Energieinhalt wie Mineralöle, wobei pflanzliche Öle deutlich mehr Wasserstoff binden.

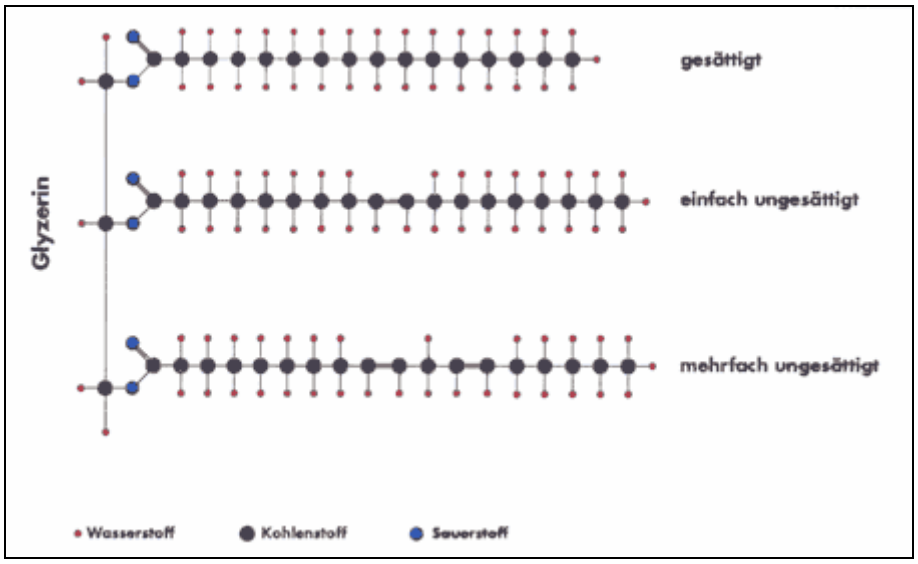

Abbildung 3: Beispiel eines pflanzlichen Ölmoleküls [Quelle: VWP]

Verbrennungstechnisch haben pflanzliche Öle einige Vorteile. Sie verbrennen bei gleichmäßigerer Druckabgabe in kürzerer Zeit. Gewinnungs- und herstellungstechnisch sind pflanzliche Öle den mineralischen Ölen überlegen. Es gibt keine Verunreinigungen durch Schwefel und Schwermetalle. Der Energiebedarf zur Herstellung von pflanzlichen Ölen liegt niedriger als bei der Benzin- und Dieselherstellung.

Die einfach zu handhabende Lagertechnik (Transport, Tankstelle, Pkw-Tank) spricht eindeutig für pflanzliche Öle. Toxizität, Wassergefährdung und Feuergefährlichkeit, bei anderen Kraftstoffen hoch problematische Themen, sind bei reinem Pflanzenöl gleich Null. Das Problem der sehr hohen und auch noch temperaturabhängig wechselnden Viskosität ist mittlerweile in allen ihren motortechnischen Auswirkungen beherrschbar.

Pflanzliche Öle sind volumenbezogen der dichteste verfügbare, reproduzierbare Energiespeicher in flüssiger Form. Dieser Energiespeicher dient als motorisches Antriebsmittel und kann überdies reproduziert werden. Bei schwindenden Mineralölreserven gewinnen die natürlichen Pflanzenöle an Aufmerksamkeit. Es ist damit zu rechnen, dass zunehmend motorische Verbrennungssysteme für pflanzliche Öle konzipiert werden. [Quelle: Vereinigte Werke für Pflanzenöltechnologie]

4.5 Energiebilanz zentrale Wärmeversorgung

Die Energiebilanz der zentralen Wärmeversorgung im kleinen Nahwärmeverbund fasst das Erlebnisbad mit Hunsrückhalle, die Rottmann-Grundschule und das Gebäude des DRK zusammen.

Folgende Tabelle stellt eine Übersicht der drei verschiedenen Varianten dar:

Energiebilanz		Variante 1a 2 BHKW + Spitzenlast kleines Netz	Variante 2a 1 BHKW+HHS + Spitzenlast kleines Netz	Variante 3a 1 P-öl BHKW+ Spitzenlast-kleines Netz
Wärmebedarf Gebäude	kWh_{th}/a	4.244.000	4.244.000	4.244.000
Wärmebedarf Netz	kWh_{th}/a	47.000	47.000	47.000
Heizleistungsbedarf Gebäude	kW_{th}	1.900	1.900	1.900
Heizleistungsbedarf Netz	kW_{th}	5	5	5
Jahresnutzungsgrad Gaskessel 1	%	90	90	90
Jahresnutzungsgrad Gaskessel 2	%	90		90
Jahresnutzungsgrad HHS-Kessel	%		85	
Wirkungsgrad BHKW thermisch	%	54	54	54
Wirkungsgrad BHKW elektrisch	%	35	35	35
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	2.061.000	1.050.000	1.186.000
Brennstoffmenge Heizöl	l/a	206.100	105.000	118.600
Brennstoffbedarf Erdgas (Hu)	kWh_{Hu}/a	3.828.000	1.950.000	2.203.000
Brennstoffbedarf Erdgas (Ho)	kWh_{Ho}/a	4.211.000	2.145.000	2.423.000
Brennstoffmenge Erdgas	m^3/a	397.000	202.000	229.000
Brennstoffbedarf Pflanzenöl	kWh_{BS}/a			3.137.000
Brennstoffbedarf HHS	kWh_{BS}/a		2.522.353	
Brennstoffmenge HHS	Sm^3/a		3.153	
Brennstoffmenge HHS	t/a		788	
Brennstoffmenge Pflanzenöl	l/a			317.000
Strombedarf Wärmeerzeugung	kWh_{el}/a	43.000	63.000	43.000
Stromerzeugung fossil	kWh_{el}/a			500.000
Stromerzeugung Pflanzenöl	kWh_{el}/a			1.132.000
Stromerzeugung gesamt	kWh_{el}/a	1.056.000	600.000	1.632.000

Tabelle 22: Energiebilanz kleiner Verbund (Varianten 1a, 2a und 3a)

Die Energiebilanz der dezentralen Wärmeversorgung für alle neun Gebäude im großen Nahwärmeverbund stellt sich für die einzelnen Varianten wie folgt dar:

Energiebilanz		Variante 1b 2 BHKW + Spitzenlast großes Netz	Variante 2b 2 BHKW+HHS + Spitzenlast großes Netz	Variante 3b 1 P-öl BHKW+ Spitzenlast großes Netz
Wärmebedarf Gebäude	kWh_{th}/a	5.392.000	5.392.000	5.392.000
Wärmebedarf Netz	kWh_{th}/a	84.000	84.000	84.000
Heizleistungsbedarf Gebäude	kW_{th}	2.500	2.500	2.500
Heizleistungsbedarf Netz	kW_{th}	15	15	15
Jahresnutzungsgrad Gaskessel 1	%	90	90	90
Jahresnutzungsgrad Gaskessel 2	%	90	90	90
Jahresnutzungsgrad HHS-Kessel	%		85	
Wirkungsgrad BHKW thermisch	%	54	54	54
Wirkungsgrad BHKW elektrisch	%	35	35	35
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	2.508.000	1.742.000	1.723.000
Brennstoffmenge Heizöl	l/a	250.800	174.200	172.300
Brennstoffbedarf Erdgas (Hu)	kWh_{Hu}/a	4.657.000	3.236.000	3.199.000
Brennstoffbedarf Erdgas (Ho)	kWh_{Ho}/a	5.123.000	3.560.000	3.519.000
Brennstoffmenge Erdgas	m^3/a	483.000	336.000	332.000
Brennstoffbedarf Pflanzenöl	kWh_{BS}/a			3.078.000
Brennstoffbedarf HHS	kWh_{BS}/a		2.484.706	
Brennstoffmenge HHS	Sm^3/a		3.106	
Brennstoffmenge HHS	t/a		776	
Brennstoffmenge Pflanzenöl	l/a			311.000
Strombedarf Wärmeerzeugung	kWh_{el}/a	55.000	70.000	55.000
Stromerzeugung fossil	kWh_{el}/a			700.000
Stromerzeugung Pflanzenöl	kWh_{el}/a			1.110.000
Stromerzeugung gesamt	kWh_{el}/a	1.056.000	1.200.000	1.810.000

Tabelle 23: Energiebilanz großer Verbund (Varianten 1b, 2b und 3b)

4.6 CO_2- Emissionsbilanz der zentralen Wärmeversorgung

Für die Energiebilanz der zentralen Wärmeversorgung wird der jährliche Ausstoß an Kohlendioxid (CO_2) ebenfalls berechnet.

Für Erdgas beträgt die spezifische CO_2-Emission 230 g CO_2/kWh$_{BS}$, während Heizöl 300 g CO_2/kWh$_{BS}$, Holzhackschnitzel 35 g CO_2/kWh$_{BS}$ und Pflanzenöl 60 g CO_2/kWh$_{BS}$ emittiert.

In der nachfolgenden Kohlendioxid-Emissionsbilanz sind die jährlichen CO_2-Emissionen der Varianten 1a und 1b aufgeführt:

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 1a kleines Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh$_{Hu}$/a	3.828.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh$_{BS}$/a	2.061.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh$_{Hu}$	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh$_{BS}$	35
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh$_{el}$	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	987.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	987

Tabelle 24: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 1a

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 1b großes Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh$_{Hu}$/a	4.657.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh$_{BS}$/a	2.508.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh$_{Hu}$	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh$_{BS}$	35
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh$_{el}$	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	1.358.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	1.358

Tabelle 25: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 1b

In der nachfolgenden Kohlendioxid-Emissionsbilanz sind die jährlichen CO_2-Emissionen der Varianten 2a und 2b aufgeführt. Die Emission von nur 35 g CO_2/kWh$_{BS}$ bei der Verwendung von Holzhackschnitzeln als Brennstoff wirkt sich positiv auf die Energiebilanz aus:

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 2a kleines Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh$_{Hu}$/a	1.950.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh$_{BS}$/a	1.050.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh$_{Hu}$	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh$_{BS}$	35
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh$_{el}$	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	516.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	516

Tabelle 26: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 2a

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 2b großes Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh$_{Hu}$/a	3.236.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh$_{BS}$/a	1.742.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh$_{Hu}$	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh$_{BS}$	35
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh$_{BS}$	
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh$_{el}$	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	675.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	675

Tabelle 27: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 2b

In der nachfolgenden Kohlendioxid-Emissionsbilanz sind die jährlichen CO_2-Emissionen der Varianten 3a und 3b aufgeführt. Die Emission von nur 60 g CO_2/kWh_{BS} bei der Verwendung von Pflanzenöl als Brennstoff für das BHKW wirkt sich ebenso positiv auf die Energiebilanz aus wie die vermiedenen Emissionen durch Strombezug über den Energieversorger.

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 3a kleines Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh_{Hu}/a	2.203.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	1.186.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh_{Hu}	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh_{BS}	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh_{BS}	
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh_{BS}	60
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh_{el}	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	70.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	70

Tabelle 28: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 3a

Kohlendioxid-Emissionsbilanz		Variante 3b großes Netz
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh_{Hu}/a	3.199.000
Brennstoffbedarf Heizöl	kWh_{BS}/a	1.723.000
spezifische CO_2-Emission Erdgas	g CO_2/kWh_{Hu}	254
spezifische CO_2-Emission Heizöl	g CO_2/kWh_{BS}	342
spezifische CO_2-Emission Hackschnitzel	g CO_2/kWh_{BS}	
spezifische CO_2-Emission Pflanzenöl	g CO_2/kWh_{BS}	60
spezifische CO_2-Emission Strom	g CO_2/kWh_{el}	682
CO_2-Emission	kg CO_2/a	390.000
CO_2-Emission	t CO_2/a	390

Tabelle 29: Kohlendioxid-Emissionsbilanz Variante 3b

Bei Variante 3a wird durch die Produktion von Strom aus Pflanzenöl mehr CO_2 eingespart als zu Heizzwecken emittiert wird.

4.7 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berechnet aus den überschlägig ermittelten Investitionskosten die Kapitalkosten, die zusammen mit den Verbrauchs- und Betriebskosten die Jahreskosten ergeben.

Es wird ein Zinssatz von 3,5 % zu Grunde gelegt, der im KfW- Infrastrukturprogramm – Sonderfonds „Wachstumsimpulse“ für kommunale Infrastruktur gewährt wird. Förderungsfähig sind kommunale Gebietskörperschaften, Eigengesellschaften von kommunalen Gebietskörperschaften, nicht-kommunale Investoren und gemeinnützige Organisationsformen. Die Laufzeit des zinsgünstigen Kredits beträgt maximal 30 Jahre mit maximal 3 tilgungsfreien Anlaufjahren.

Zusätzlich kann auf automatisch beschickte Biomasseanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW_{th} eine Förderung von 60 € je kW_{th} nach dem „Markanreizprogramm Erneuerbare Energien“ des Bundesministeriums beantragt werden.

4.7.1 Rahmenbedingungen Wirtschaftlichkeit

Bestimmung der kapitalgebundenen Kosten:

Zinssatz	4,5 % (KfW-Infrastrukturprogramm)
Abschreibungsdauer Maschinentechnik	15 Jahre (BHKW: 10 Jahre)
Abschreibungsdauer Versorgungstechnik	20 Jahre
Abschreibungsdauer Bautechnik	30 Jahre
Abschreibungsdauer Planung, Unvorhergesehenes	15 Jahre

Bestimmung der verbrauchsgebundenen Kosten:

spezifischer Holzhackschnitzelpreis	15 €/Sm³ (inkl. 7 % MwSt.)
spezifischer Pflanzenölpreis	55 Ct/l (inkl. 7 % MwSt.)
spezifischer Heizölpreis	55 Ct/l (inkl. MwSt.)
durchschnittlicher Erdgaspreis	3 Ct/kWh$_{Ho}$ (inkl. MwSt.)
Allgemeiner Strompreis	18 Ct/kWh$_{el}$ (inkl. MwSt.)
Angenommener Strompreis bei Vollstrombezug	10 Ct/kWh$_{el}$ (inkl. MwSt.)

Bestimmung betriebsgebundene Kosten:

Wartung / Instandhaltung Heizkessel	2 % der Investition (Heizanlage)
Wartung / Instandhaltung BHKW	2 Ct / kWh$_{el}$
Personalkosten	35 €/h
Steuern, Versicherungen	0,7 % der Investitionskosten
Verwaltung	5 % der Jahreskosten

4.7.2 Investitionen Heiztechnik kleiner Nahwärmeverbund

Investitionskosten	Variante 1a BHKW + Spitzenlastkessel kleines Netz	Variante 2a BHKW + HHS + Spitzenlastkessel kleines Netz	Variante 3a Pfl.öl BHKW + Spitzenlastkessel kleines Netz
Demontage Heiztechnik			
Summe	10.125 €	10.125 €	10.125 €
Summe inkl. MwSt.	**12.000 €**	**12.000 €**	**12.000 €**
Erdgaskessel			
Summe	102.900 €	75.500 €	102.900 €
Summe inkl. MwSt.	**119.000 €**	**88.000 €**	**119.000 €**
BHKW fossil			
Summe	62.500 €	0 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**73.000 €**	**0 €**	**0 €**
BHKW Pflanzenöl			
Summe	0 €	0 €	140.906 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**0 €**	**163.000 €**
Biomassekessel 600 kW			
Förderung 60€ pro kW	0 €	36.000 €	0 €
Summe	0 €	114.000 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**132.000 €**	**0 €**
Bautechnik			
Summe	0 €	71.280 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**82.700 €**	**0 €**
Nahwärmenetz + Pufferspeicher			
Förderung 50 €/m (Holz)	0 €	27.000 €	0 €
Summe	304.000 €	277.000 €	304.000 €
Summe inkl. MwSt.	**350.000** €	**319.000** €	**350.000** €
Planung, Unvorhergesehenes			
Summe	71.929 €	82.186 €	83.690 €
Summe inkl. MwSt.	**83.000 €**	**95.000 €**	**97.000 €**
Gesamt ohne MwSt.			
Investition	**551.000 €**	**630.000 €**	**642.000 €**
Kapitalkosten	**45.000 €/a**	**47.800 €/a**	**55.400 €/a**
Gesamt inkl. MwSt.			
Investition	**637.000 €**	**729.000 €**	**741.000 €**
Kapitalkosten	**52.000 €/a**	**55.300 €/a**	**64.000 €/a**
Wartungskosten ohne MwSt.	**23.200 €/a**	**15.800 €/a**	**34.700 €/a**
Personalkosten ohne MwSt.	**3.600 €/a**	**12.700 €/a**	**5.500 €/a**
Steuern, Vers. ohne MwSt.	**3.900 €/a**	**4.400 €/a**	**4.500 €/a**

Tabelle 30: Investitionskosten kleiner Nahwärmeverbund

Für die Nahwärmeleitung, die das Freizeitbad, die Rottmann-Grundschule an die Heizzentrale anbindet, wird eine direkte Verlegung der Rohre nach Katasterplan betrachtet. Die Heizzentrale wird 100 Meter in Richtung der Straße „An der Bleiche“ versetzt. Zur Lagerung der Holzhackschnitzel in Variante 2a wird ein Bun-

kergebäude benötigt, welches in dieser Variante auch den HHS- Kessel aufnehmen kann.

4.7.3 Investitionen Heiztechnik großer Nahwärmeverbund

Investitionskosten	Variante 1b BHKW + Spitzenlastkessel großes Netz	Variante 2b BHKW + HHS + Spitzenlastkessel großes Netz	Variante 3b Pfl.öl BHKW + Spitzenlastkessel großes Netz
Demontage Heiztechnik			
Summe	15.480 €	15.480 €	15.480 €
Summe inkl. MwSt.	**18.000 €**	**18.000 €**	**18.000 €**
Erdgaskessel			
Summe	147.600 €	102.900 €	147.600 €
Summe inkl. MwSt.	**171.000 €**	**119.000 €**	**171.000 €**
BHKW fossil			
Summe	62.500 €	62.500 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**73.000 €**	**73.000 €**	**0 €**
BHKW Pflanzenöl			
Summe	0 €	0 €	140.906 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**0 €**	**163.000 €**
Biomassekessel 600 kW			
Förderung 60€ pro kW	0 €	36.000 €	0 €
Summe	0 €	114.000 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**132.000 €**	**0 €**
Bautechnik			
Summe	0 €	71.280 €	0 €
Summe inkl. MwSt.	**0 €**	**82.700 €**	**0 €**
Nahwärmenetz + Pufferspeicher			
Förderung 50 €/m (Holz)	0 €	45.000 €	0 €
Summe	552.000 €	507.000 €	552.000 €
Summe inkl. MwSt.	**635.000** €	**583.000** €	**635.000** €
Planung, Unvorhergesehenes			
Summe	116.637 €	130.974 €	128.398 €
Summe inkl. MwSt.	**135.000 €**	**152.000 €**	**149.000 €**
Gesamt ohne MwSt.			
Investition	**894.000 €**	**1.004.000 €**	**984.000 €**
Kapitalkosten	**70.600 €/a**	**78.600 €/a**	**81.100 €/a**
Gesamt inkl. MwSt.			
Investition	**1.032.000 €**	**1.160.000 €**	**1.136.000 €**
Kapitalkosten	**81.600 €/a**	**90.800 €/a**	**93.600 €/a**
Wartungskosten ohne MwSt.	**24.100 €/a**	**28.300 €/a**	**39.200 €/a**
Personalkosten ohne MwSt.	**3.600 €/a**	**12.700 €/a**	**5.500 €/a**
Steuern, Vers. ohne MwSt.	**6.300 €/a**	**7.000 €/a**	**6.900 €/a**

Tabelle 31: Investitionskosten großer Nahwärmeverbund

Für die Nahwärmeleitung wird eine direkte Verlegung der Rohre nach Katasterplan betrachtet. Die Heizzentrale wird 100 Meter in Richtung der Straße „An der Bleiche“ versetzt. Zur Lagerung der Holzhackschnitzel in Variante 2b wird ein Bunkergebäude benötigt, welches in dieser Variante ebenfalls den HHS- Kessel aufnehmen kann.

4.7.4 Jahreskosten kleiner Nahwärmeverbund

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die vier unterschiedlichen Wärmeversorgungsvarianten im kleinen Nahwärmeverbund dar:

Wirtschaftlichkeit		Ist-Zustand	Variante 1a	Variante 2a	Variante 3a
		IST klein	BHKW + Spitzenlast-kessel	BHKW + HHS + Spitzenlast	Pflanzenöl BHKW + Spitzenlast
Investitionen	€		551.000	630.000	642.000
Investitionen inkl. Förderung & MwSt.	**€**		**637.000**	**729.000**	**741.000**
Kapitalkosten	€ / a		45.000	47.800	55.400
Kapitalkosten inkl. Förderung & MwSt.	**€ / a**		**52.000**	**55.300**	**64.000**
Brennstoffkosten Heizöl	**€/a**	**154.900**	**113.400**	**57.800**	**65.200**
Brennstoffkosten Erdgas	**€/a**	**140.100**	**126.300**	**64.400**	**72.700**
Brennstoffkosten HHS	**€/a**			**47.300**	
Brennstoffkosten Pflanzenöl	**€/a**				**174.400**
Stromkosten Wärmeerzeugung	**€ / a**	**8.700**	**7.800**	**11.500**	**7.800**
Verbrauchskosten	€ / a	303.700	247.500	181.000	320.100
Betriebskosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**51.900**	**51.900**	**50.900**	**72.700**
Summe Kosten	€ / a	348.400	292.200	224.900	382.800
Summe Kosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**404.200**	**339.000**	**256.600**	**428.300**
Stromerzeugung fossil	kWh_{el}/a	1.027.000	1.056.000	600.000	500.000
Stromerzeugung Pflanzenöl	kWh_{el}/a				1.132.000
Stromeigenverbrauch	kWh_{el}/a	1.064.000	1.064.000	1.064.000	1.064.000
Gutschrift Stromeinspeisung Hausnetz	€/a	106.000	106.000	106.000	50.000
Gutschrift Stromeinspeisung öffentl. Netz	€/a	0	0	0	266.900
Kosten Strombezug	€/a	6.700	1.500	84.400	102.600
Summe Einnahmen	**€/a**	**99.300**	**104.500**	**21.600**	**164.300**
Summe Einnahmen inkl. MwSt.	**€/a**	115.200	121.200	25.100	190.600
Jahresgesamtkosten	€ / a	249.100	187.700	203.300	218.500
Jahresgesamtkosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**289.000**	**217.800**	**231.500**	**237.700**
Wärmepreis	Ct / kWh_{th}	5,2	4,4	4,8	5,1
Wärmepreis inkl. MwSt.	**Ct / kWh_{th}**	**6,1**	**5,1**	**5,5**	**5,6**

Tabelle 32: Ergebnis Wirtschaftlichkeit kleiner Verbund

4.7.5 Jahreskosten großer Nahwärmeverbund

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die vier unterschiedlichen Wärmeversorgungsvarianten im großen Nahwärmeverbund dar:

Wirtschaftlichkeit		Ist-Zustand	Variante 1b	Variante 2b	Variante 3b
		IST groß	BHKW + Spitzenlast-kessel	BHKW + HHS + Spitzenlast	Pflanzenöl BHKW + Spitzenlast
Investitionen	€		894.000	1.004.000	984.000
Investitionen inkl. Förderung & MwSt.	**€**		**1.032.000**	**1.160.000**	**1.136.000**
Kapitalkosten	€ / a		70.600	78.600	81.100
Kapitalkosten inkl. Förderung & MwSt.	**€ / a**		**81.600**	**90.800**	**93.600**
Brennstoffkosten Heizöl	**€/a**	**154.900**	**137.900**	**95.800**	**94.800**
Brennstoffkosten Erdgas	**€/a**	**193.500**	**153.700**	**106.800**	**105.600**
Brennstoffkosten HHS	**€/a**			**46.600**	
Brennstoffkosten Pflanzenöl	**€/a**				**171.100**
Stromkosten Wärmeerzeugung	**€ / a**	**10.400**	**10.000**	**12.700**	**10.000**
Verbrauchskosten	€ / a	358.800	301.600	261.900	381.500
Betriebskosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**59.200**	**59.200**	**73.100**	**85.400**
Summe Kosten	€ / a	409.800	352.600	324.900	455.100
Summe Kosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**475.400**	**409.100**	**372.700**	**512.500**
Stromerzeugung fossil	kWh_{el}/a	1.027.000	1.056.000	1.200.000	700.000
Stromerzeugung Pflanzenöl	kWh_{el}/a				1.110.000
Stromeigenverbrauch	kWh_{el}/a	1.190.000	1.190.000	1.190.000	1.190.000
Gutschrift Stromeinspeisung Hausnetz	€/a	119.000	119.000	119.000	70.000
Gutschrift Stromeinspeisung öffentl. Netz	€/a	0	0	700	282.700
Kosten Strombezug	€/a	29.600	24.400	0	89.100
Summe Einnahmen	**€/a**	**89.400**	**94.600**	**119.700**	**193.600**
Summe Einnahmen inkl. MwSt.	**€/a**	103.700	109.700	138.900	224.600
Jahresgesamtkosten	€ / a	320.400	258.000	205.200	261.500
Jahresgesamtkosten inkl. MwSt.	**€ / a**	**371.700**	**299.400**	**233.800**	**287.900**
Wärmepreis	Ct / kWh_{th}	5,6	4,8	3,8	4,8
Wärmepreis inkl. MwSt.	**Ct / kWh_{th}**	**6,5**	**5,6**	**4,3**	**5,3**

Tabelle 33: Ergebnis Wirtschaftlichkeit großer Verbund

4.7.6 Jahreskosten / -erlöse

Die folgenden beiden Grafiken zeigen eine Übersicht über die Heizkosten und die Erlöse, die durch die Stromeinspeisung in das öffentliche Netz erzielt werden. Der durch das Pflanzenöl- BHKW erzeugte Strom wird komplett eingespeist und nach dem Erneuerbare Energien Gesetz vergütet, der im fossilen BHKW erzeugte Strom wird hingegen zum Eigenbedarf verwendet und substituiert Fremdstrom.

Im Falle der kompletten Einspeisung wird für den Fremdstrombezug ein niedrigerer Strompreis angesetzt, da die zu Beziehenden Strommengen wesentlich höher ausfallen würden als bisher.

Die folgende Grafik verdeutlicht die Verteilung der Kosten und Erlöse bei den Varianten im kleinen Nahwärmeverbund:

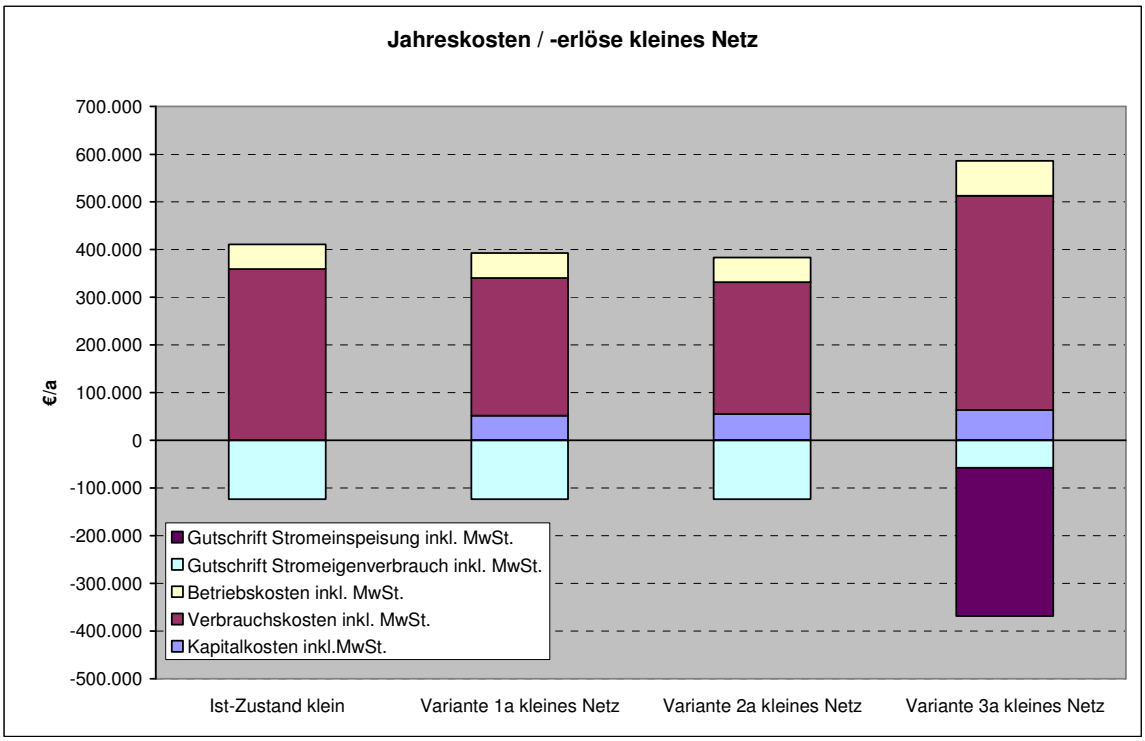

Abbildung 4: Kosten und Erlöse kleiner Verbund

Bisher fallen im Komplex Freizeitbad / Hunsrückhalle für die Wärmeerzeugung Kosten von jährlich. 178.000 € an. Bezogen auf den Wärmebedarf ergibt sich hier ein durchschnittlicher Wärmepreis von 5,2 Ct/kWh$_{th}$.

Die folgende Grafik verdeutlicht die Verteilung der Kosten und Erlöse bei den Varianten im großen Nahwärmeverbund:

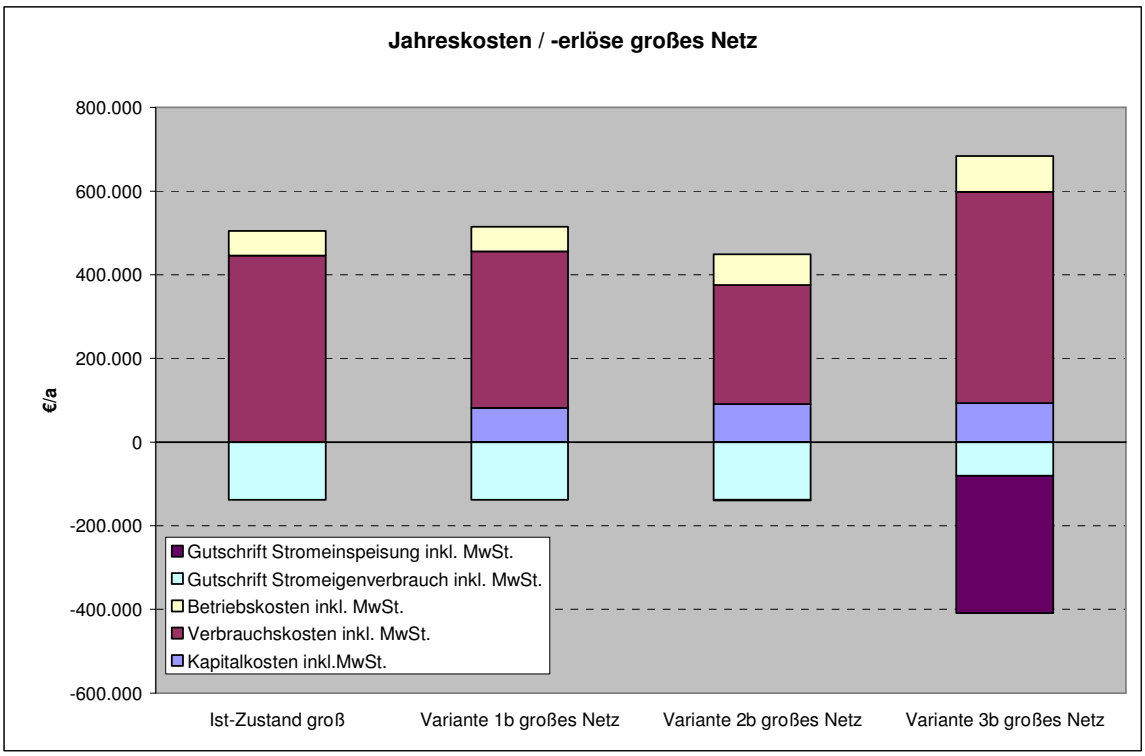

Abbildung 5: Kosten und Erlöse großer Verbund

4.7.7 Wirtschaftlichkeit kleiner Verbund

Der kleine Nahwärmeverbund bezeichnet die zentrale Wärmeversorgung von Freizeitbad / Hunsrückhalle, Rottmann-Grundschule, Einkaufsmarkt, Rathaus und DRK / Post.

Mit Jahreskosten von etwa 217.800 €/a erzielt Variante 1a (Wärmeerzeugung auf Erdgas- / Heizölbasis) den günstigsten Wärmepreis von 5,1 Ct/kWh$_{th}$ inkl. MwSt.

Die Variante 2a (Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzel und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) und liegt mit Jahreskosten von 231.500 €/a und einem Wärmepreis von 5,5 Ct/kWh$_{th}$ etwas höher.

Für Variante 3a (Wärmeerzeugung mittels Pflanzenöl- BHKW und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) errechnet sich bei Jahreskosten von 237.700 €/a ein Wärmepreis von 5,6 Ct/kWh$_{th}$.

Mit Jahreskosten von 289.000 €/a und einem Wärmepreis von 6,1 Ct/kWh$_{th}$ inkl. MwSt. stellt der Ist-Zustand die teuerste Möglichkeit der Wärmeerzeugung dar.

In der Folgenden Abbildung wird der Wärmepreis grafisch veranschaulicht:

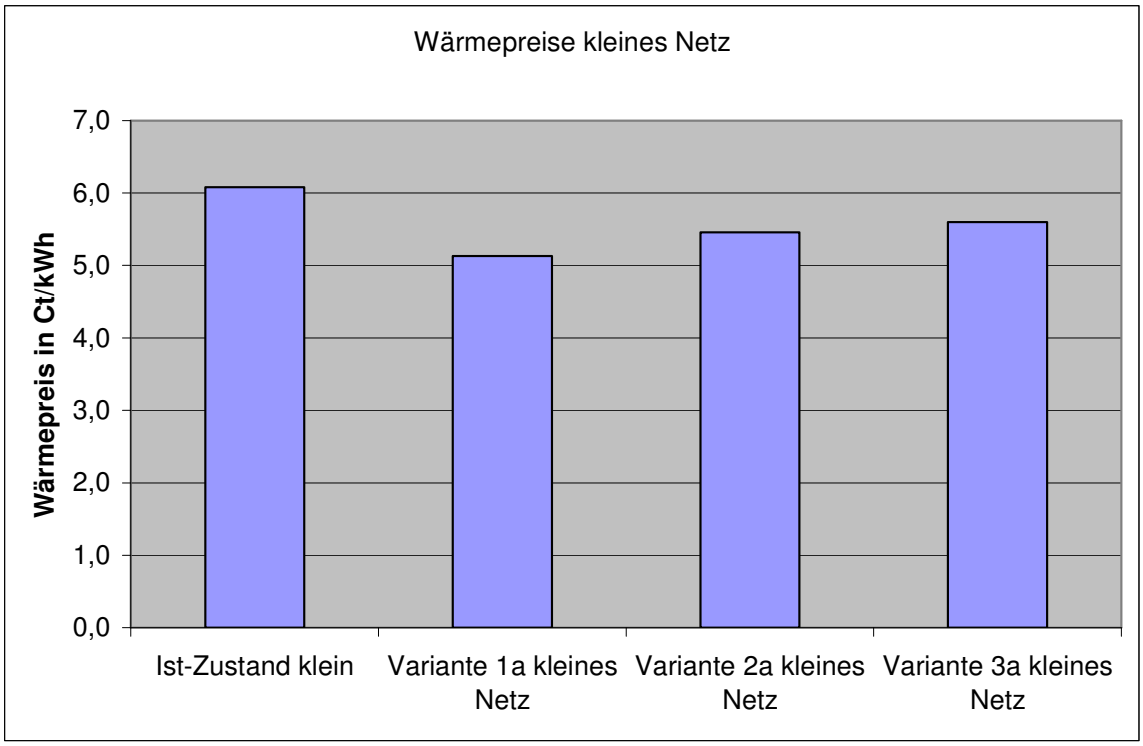

Abbildung 6: Übersicht Wärmepreise kleiner Verbund

4.7.8 Wirtschaftlichkeit großer Verbund

Der große Nahwärmeverbund bezeichnet die zentrale Wärmeversorgung von Freizeitbad / Hunsrückhalle, Rottmann-Grundschule, Schloss und DRK / Post sowie dem Einkaufsmarkt und dem Rathaus. Hinzu kommen die Liegenschaften der LBB, dem Amtsgericht, dem Finanzamt und dem DLR / Kulturamt. Die Jahreskosten liegen über denen des kleinen Verbundes, können durch den Verkauf von Wärme an die angeschlossenen Gebäudeeigentümer für den Betreiber der Wärmeerzeugungsanlage aber reduziert werden.

Mit Jahreskosten von etwa 233.800 €/a erzielt Variante 2b (Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzel und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) den mit Abstand günstigsten Wärmepreis von 4,3 Ct/kWh$_{th}$.inkl. MwSt.

Die Variante 3b (Wärmeerzeugung mittels Pflanzenöl- BHKW und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) ist mit Jahreskosten von 287.900 €/a und einem Wärmepreis von 5,3 Ct/kWh$_{th}$ die nächst günstigere Variante

Die Wärmeerzeugung auf Erdgas- / Heizölbasis (Variante 1b) und der Ist-Zustand liegen mit Jahreskosten von 299.400 €/a, bzw. 371.700 €/a deutlich höher. Variante 1b erreicht dabei einen Wärmepreis von 5,6 Ct/kWh$_{th}$, zurzeit wird die Wärme zu einem Preis von durchschnittlich 6,5 Ct/kWh$_{th}$ erzeugt.

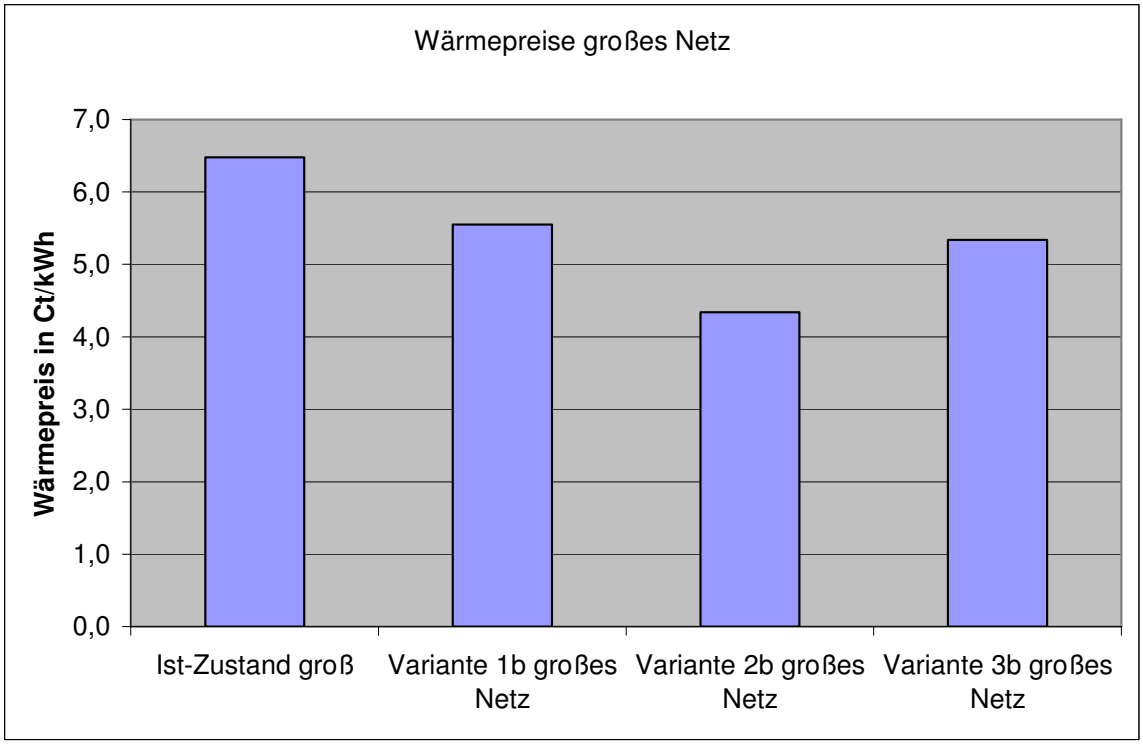

Abbildung 7: Übersicht Wärmepreise großer Verbund

4.8 Sensitivitätsanalyse

Zusätzlich zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird eine Sensitivitätsanalyse in Bezug auf die Brennstoffpreise durchgeführt. Für eine Änderung der Brennstoffpreise gegenüber der in den Rahmenbedingungen zu Grunde gelegten Preise innerhalb einer Preisspanne von -40 % bis +40 % werden die Wärmepreise der Varianten ermittelt.

Da die Holzpreise nicht an fossilen Brennstoffpreisen gebunden sind, sind die Preisänderungen unabhängig voneinander zu sehen. So kann z. B. der Erdgaspreis zunehmen, während der Holzhackschnitzelpreis konstant bleibt.

Die Ergebnisse der Analyse sind in Form von Diagrammen dargestellt.

4.8.1 Sensitivität kleiner Nahwärmeverbund

Im Folgenden sind die vier Diagramme des kleinen Nahwärmeverbundes dargestellt. Für einen Nahwärmeverbund, in dem verschiedene Brennstoffe (Holzhackschnitzel, Erdgas, Heizöl und Pflanzenöl) eingesetzt werden, wird jeweils nur ein Brennstoffpreis variiert.

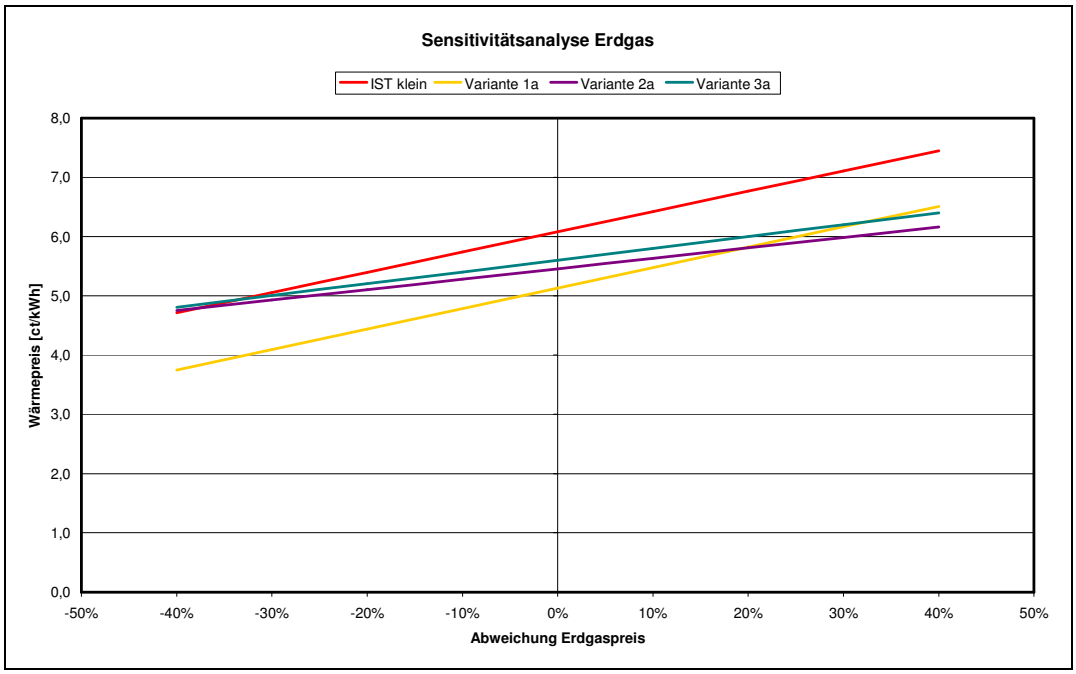

Abbildung 8: Sensitivität Erdgas kleiner Verbund

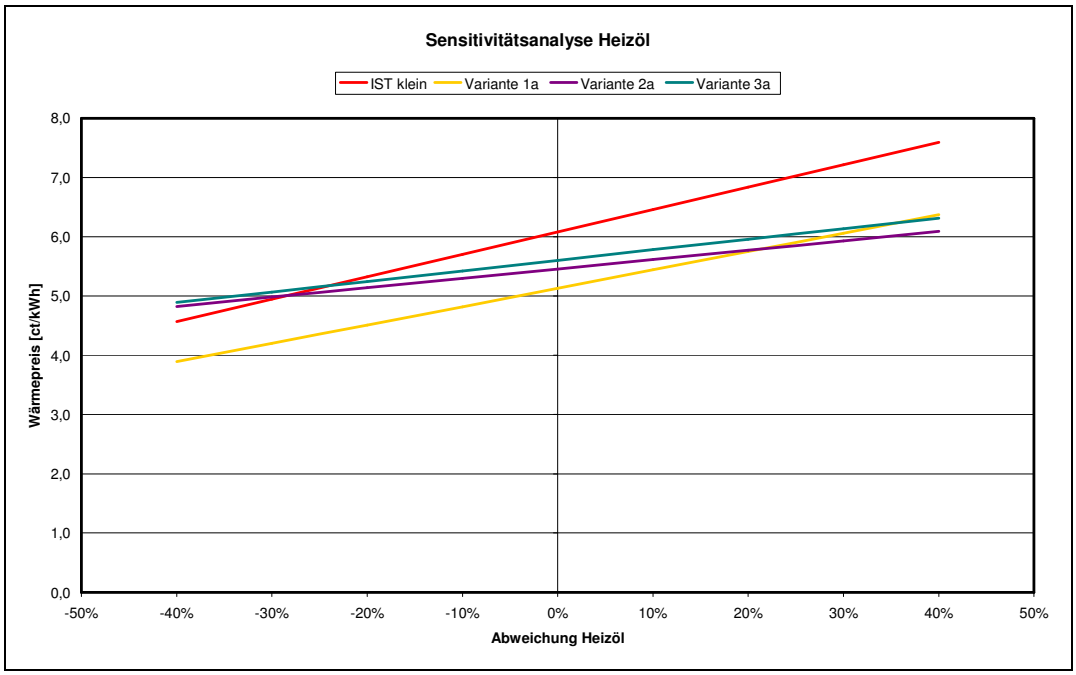

Abbildung 9: Sensitivität Heizöl kleiner Verbund

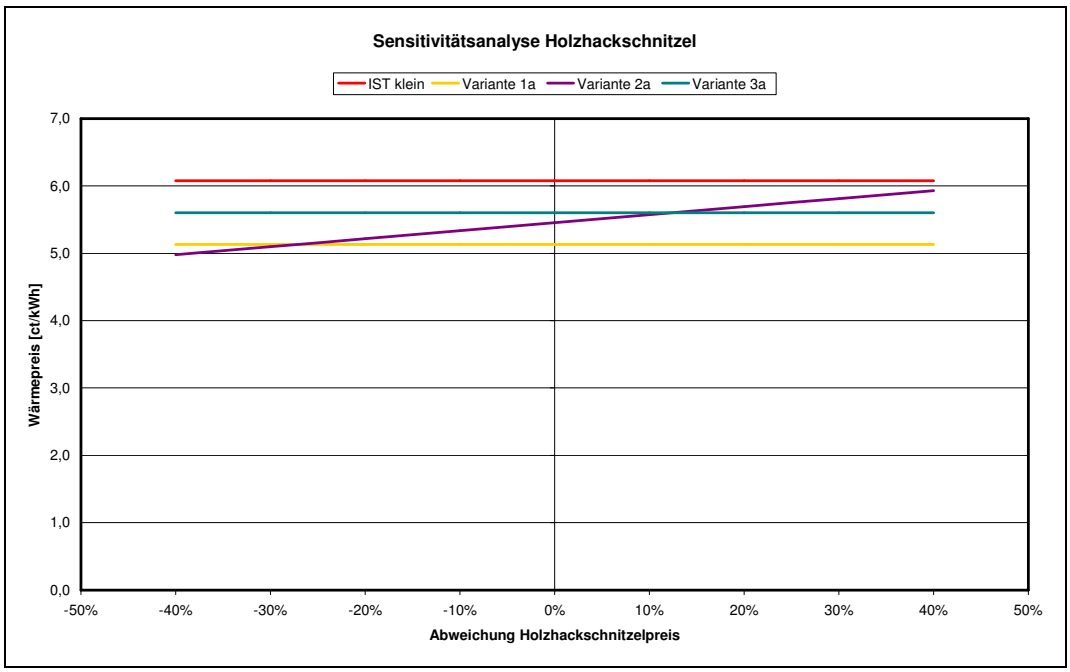

Abbildung 10: Sensitivität Holzhackschnitzel kleiner Verbund

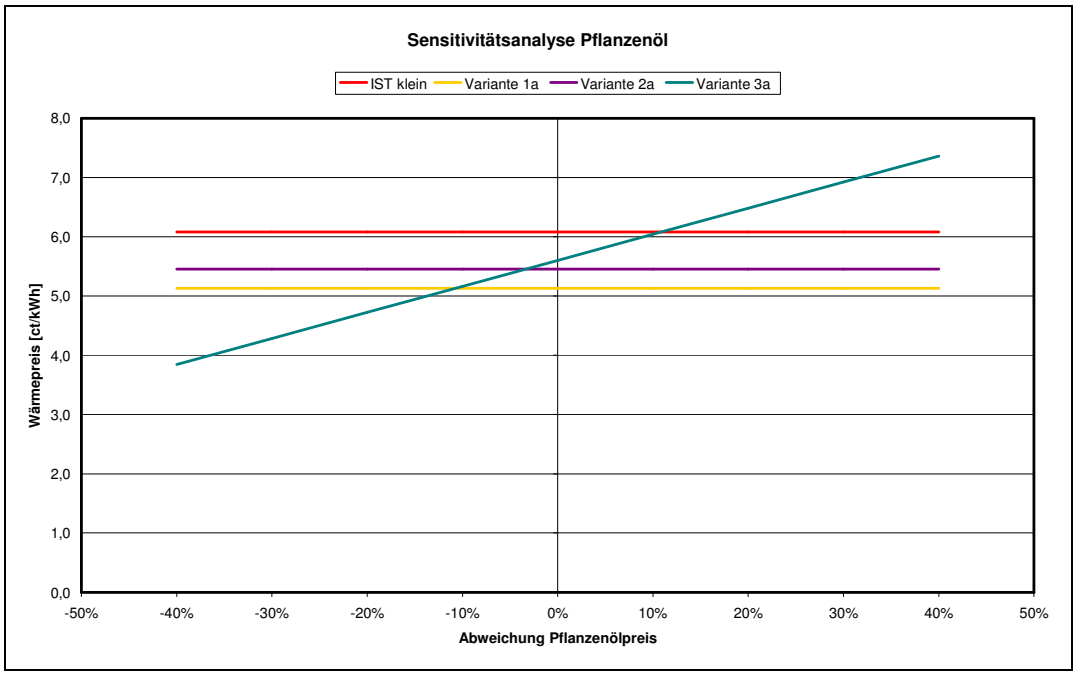

Abbildung 11: Sensitivität Pflanzenöl kleiner Verbund

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass der Preis für den fossilen Energieträger Erdgas um etwa 20% steigen müsste, damit der Holzhackschnitzelkessel wirtschaftlich arbeiten kann (Variante 2a). Alternativ müsste der Holzhackschnitzelpreis um etwa 25% sinken. Damit Variante 3a (Pflanzenöl-BHKW) die günstigste wird, müsste der Preis für Pflanzenöl um etwa 10% sinken.

4.8.2 Sensitivität großer Nahwärmeverbund

Im Folgenden sind die vier Diagramme des großen Nahwärmeverbundes dargestellt.

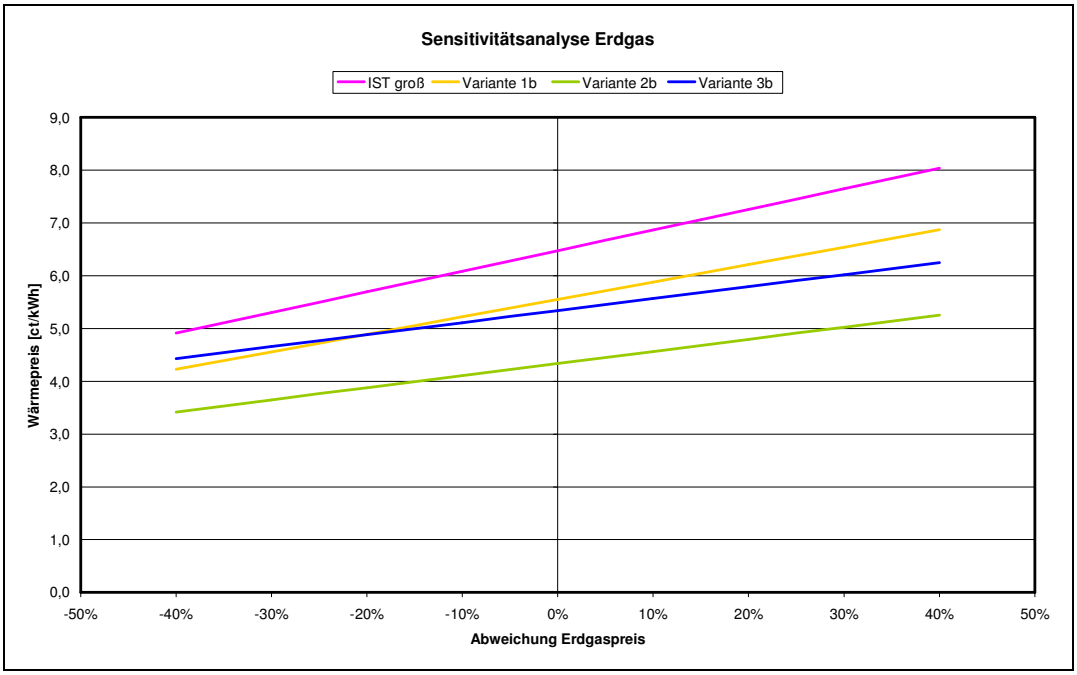

Abbildung 12: Sensitivität Erdgas großer Verbund

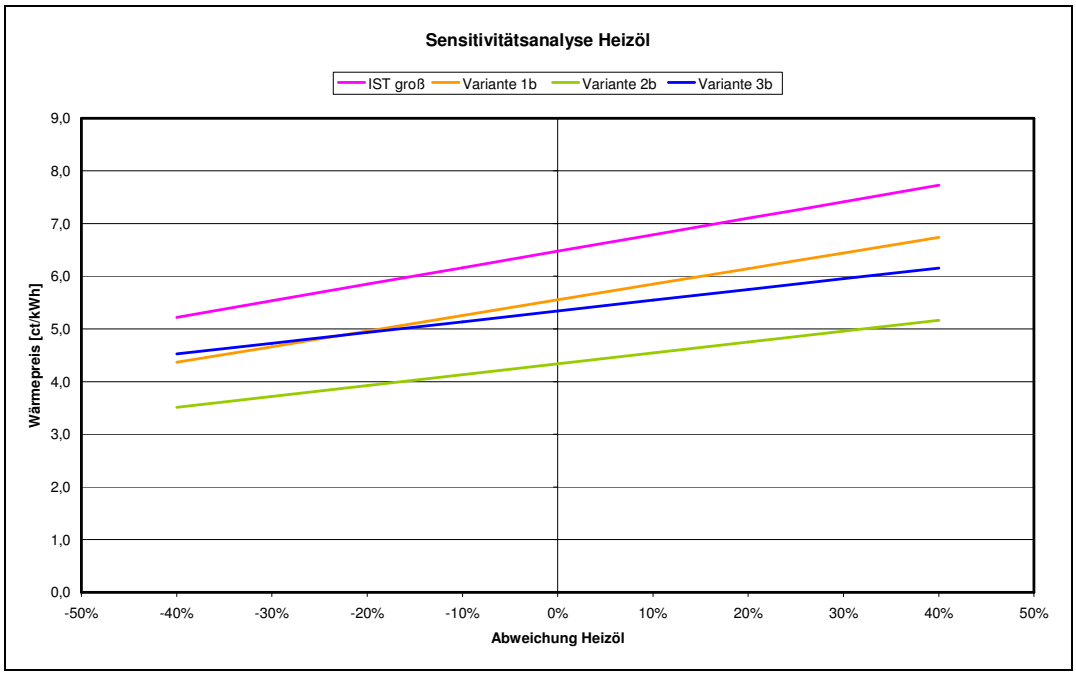

Abbildung 13: Sensitivität Heizöl großer Verbund

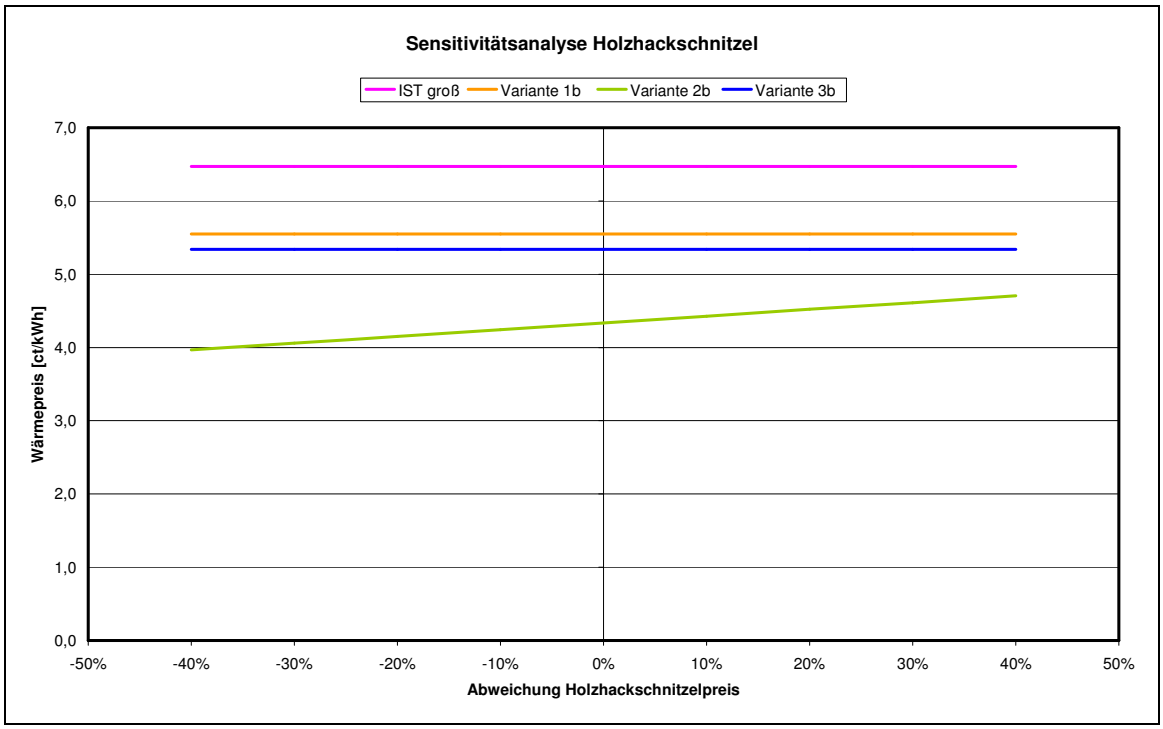

Abbildung 14: Sensitivität Holzhackschnitzel großer Verbund

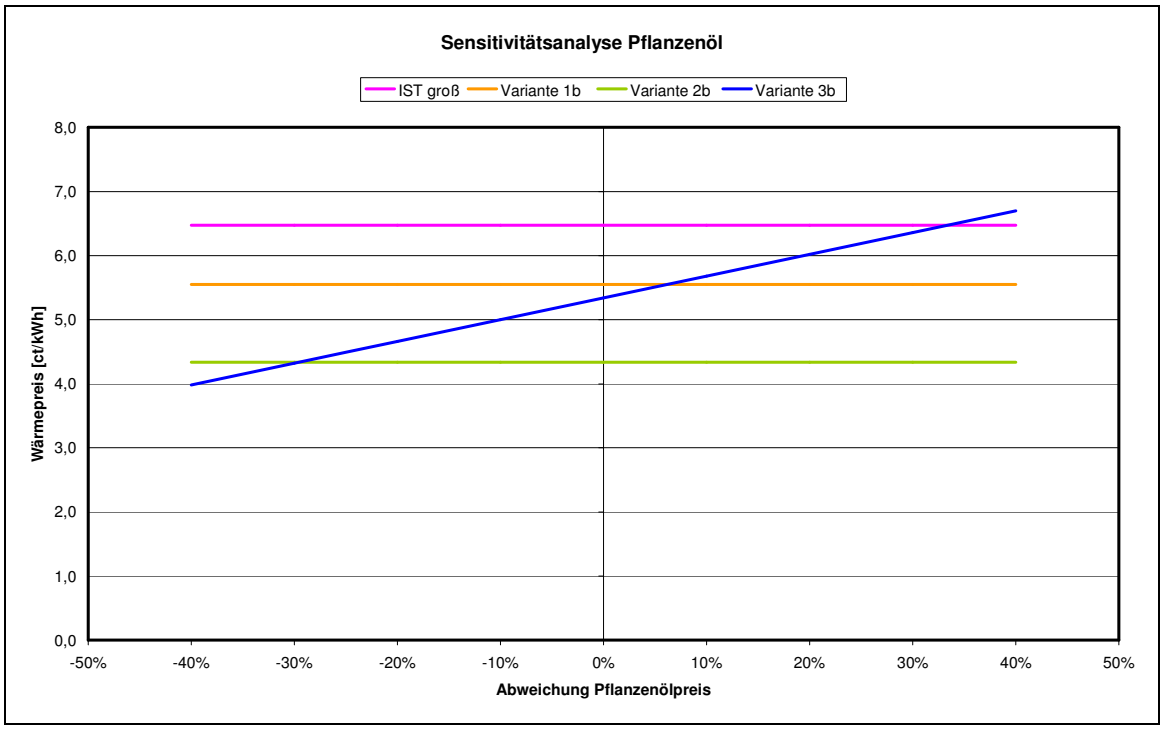

Abbildung 15: Sensitivität Pflanzenöl großer Verbund

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass der Holzhackschnitzelkessel bei Preisänderungen für die Brennstoffe Holz, Erdgas und Heizöl von bis zu 40 Prozent immer die wirtschaftlichste Variante bleiben wird. Lediglich nach einer Senkung des Pflanzenölpreises von 30% wird Variante 3b (Pflanzenöl-BHKW) zur wirtschaftlichsten Lösung.

5 Nutzungsmöglichkeiten Solarenergie

Zusätzlich zu den Realisierungsmöglichkeiten des Nahwärmeverbunds Simmern wird geprüft, ob Solarenergie mit Solarthermie und Fotovoltaik genutzt werden kann. Dazu wird die zugehörige Technik kurz vorgestellt und der zu erwartende Jahresertrag ermittelt.

5.1 Solarthermie

Bei der Solarthermie wird die Sonnenstrahlung zur Wärmeerzeugung genutzt. Die Nutzung erfolgt hauptsächlich zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung; die Solarwärme kann aber beispielsweise auch zur Trocknung, Kühlung oder zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt werden.

Die Solarstrahlung trifft mit einer Leistung von 1,36 kW/m² (sog. Solarkonstante) auf die äußere Erdatmosphäre. Durch Reflexion, Streuung und Absorption in der Atmosphäre triff direkte und diffuse Strahlung auf die Erdoberfläche. In unseren Regionen kann durchschnittlich eine Energiemenge von 1.000 kWh/m² thermisch genutzt werden. Der tatsächliche Ertrag hängt neben der Einstrahlung am Standort v. a. vom Kollektortyp sowie der Neigung und Ausrichtung ab. Um eine möglichst hohe Ausbeute über ein Jahr zu erzielen, ist eine Neigung der Kollektormodule von 30 bis 45° notwendig. Die Abweichung der Kollektorebene aus der Südrichtung (Azimut) sollte 45° nicht überschreiten. Zur überschlägigen Berechnung der Kollektorfläche eines Flachkollektors kann davon ausgegangen werden, dass ein Quadratmeter Kollektorfläche etwa 70 l Warmwasser bereitet.

Durch die solare Einstrahlung auf den Solarkollektor nimmt das Wärmeträgermedium im Kollektorkreis die Wärme auf. Über Wärmetauscher wird die Wärme an einen Speicher abgegeben. Dazu sind verschiedene Speichersysteme wie z. B. Pufferspeicher, Schichtenspeicher oder Warmwasserspeicher möglich. Das Speichervolumen sollte für Wohnhäuser auf mindestens 50 l/m² ausgelegt sein. Hiermit sollte der Bedarf von 1 bis 2 Tagen gespeichert werden.

Besonders günstig ist die Nutzung von Solarenergie bei Anwendungen, bei denen der Energiebedarf mit dem Energieangebot übereinstimmt (z. B. Schwimmbadabsorber). Wenn dies nicht der Fall ist, kann die gewonnene Solarenergie mit entsprechenden Speichersystemen zwischengespeichert werde und / oder die Solaranlage mit einem zusätzlichen Energieerzeuger zu einem bivalenten System kombiniert werden.

Üblicherweise kann eine Solaranlage in Wohngebäuden bis zu 60 % des jährlichen Warmwasserbedarfs decken (solare Deckungsrate). Die Anlage sollte so dimensioniert werden, dass der Wärmebedarf im Sommer gedeckt wird.

Auf dem Markt sind verschiedene Systeme zu Solarkollektoren verfügbar (hauptsächlich Flach- oder Vakuum-Röhrenkollektoren). Diese unterscheiden sich im Aufbau, Wirkungsgrad und Preis. Die Abbildung zeigt die Wirkungsgrade verschiedener Systeme in Abhängigkeit von der nutzbaren Temperaturdifferenz bzw. dem benötigten Temperaturniveau für verschiedene Nutzungen. Verluste entstehen durch Reflexion an der Scheibe sowie durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung (Wärmeabgabe an die Umgebung).

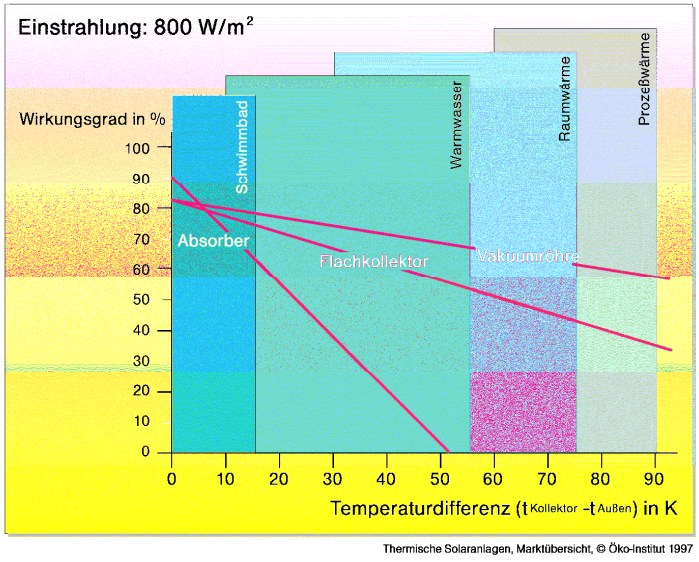

Abbildung 16: Wirkungsgrad verschiedener Systeme (Quelle: Öko-Institut)

Beim **Flachkollektor** dient ein flaches schwarz beschichtetes Kupferblech als Absorber. Auf der Rückseite sind kupferne Leitungen angebracht, welche direkt vom Wärmeträger durchflossen werden. Dieses System befindet sich meist in einem gedämmten Gehäuse, welches mit einer Glasplatte abgedeckt ist. Zur Dimensionierung der Kollektoranlage kann man von 1,5 bis 2 m² Kollektorfläche pro Person ausgehen.

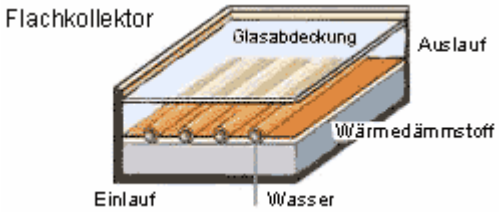

Abbildung 17: Flachkollektor (Quelle: Solarserver)

Vakuum-Röhrenkollektoren bestehen aus mehreren evakuierten Glasröhren mit innenliegendem Absorber. Die Wärmeverluste werden minimiert. Bei gleicher Fläche liefern Röhrenkollektoren bis zu 40% mehr Ertrag als Flachkollektoren. Pro Person sollte ca. 1 m² an Kollektorfläche installiert werden.

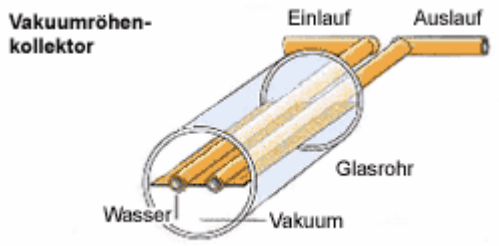

Abbildung 18: Vakuumröhrenkollektor (Quelle: Solarserver)

Im **Marktanreizprogramm** „Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 26. November 2003“ des Bundes-Wirtschaftsministeriums sind Förderungen für Solarkollektoranlagen vorgesehen. Seit dem 01.07.2005 gelten geänderte Fördesätze. Für Solaranlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung kann ein Zuschuss in Höhe von 135 € je angefangener m² installierter Gesamtbruttokollektorfläche bis zu einer Fläche von 200 m² beantragt werden. Der Zuschuss für Solaranlagen nur zur Warmwasserbereitung beträgt 105 €/m².

Vorraussetzung für die Förderung ist, dass der jährliche Kollektorertrag von 525 kWh_{th}/a bei einem solaren Deckungsanteil von 40 % beträgt und der Kollektor mit dem „Blauen Engel“ (siehe: www.blauer-engel.de) ausgezeichnet ist.

Einsatzmöglichkeit innerhalb des Nahwärmeverbundes Simmern

Eine Vorraussetzung für den Einsatz einer solarthermischen Anlage ist, dass zu Zeiten großer Solarerträge, also in den Sommermonaten, ein Wärmebedarf in den Liegenschaften vorliegt. Bis auf das Freizeitbad ist in den weiteren Gebäuden kein wesentlicher sommerlicher Wärmebedarf vorhanden.

Abbildung 19: Luftbild Freizeitbad und Hunsrückhalle

Freizeitbad und Hunsrückhalle

Das 400 m² große Flachdach des Freizeitbads und das der Hunsrückhalle (470 m²) sind für die Installation von Solarkollektoren geeignet. Da für eine hohe Ausbeute eine Neigung der Kollektormodule von 45° erforderlich ist, müssen die Solarkollektoren unter diesem Winkel nach Süden auf dem Dach aufgeständert werden.

Auf dem Dach könnten somit maximal 300 m² Kollektorfläche installiert werden. Eine zusätzliche Ermittlung des Wärmebedarfs des Schwimmbads in den Sommermonaten ist erforderlich, um die solarthermische Anlage entsprechend darauf abzustimmen.

Es ist zu prüfen, ob die Statik der Sporthalle eine zusätzliche Dachlast zulässt.

Rottmann-Grundschule

Die für eine solarthermische Anlage in Frage kommenden Dächer der Rottmann-Grundschule weisen eine Fläche von ca. 500 m² auf. Die Neigung beträgt etwa 40°. Da die Ausrichtung etwa 45° nach Südwest bzw. Südost beträgt, sind gegenüber einer nach Süden ausgerichteten Anlage Ertragsminderungen zu erwarten. Allerdings ist hier keine Aufständerung erforderlich.

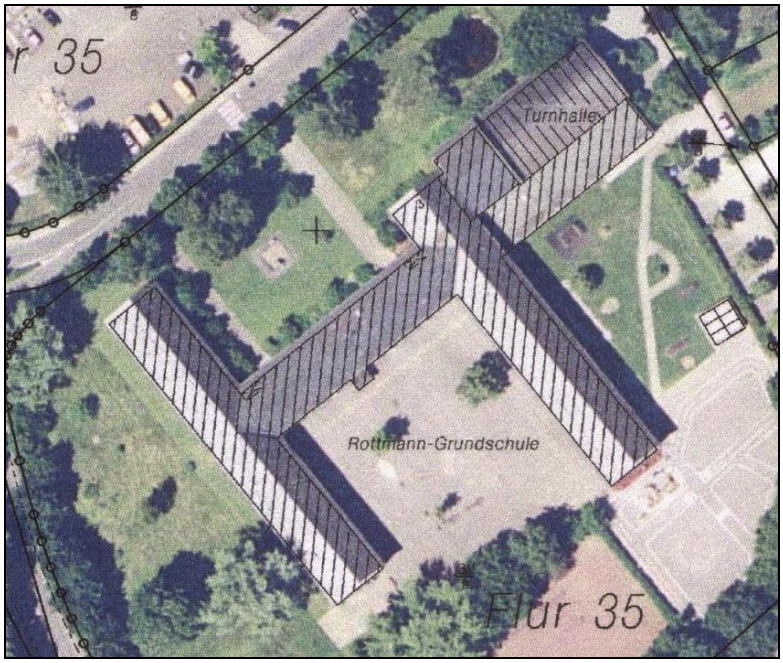

Abbildung 20: Luftbild Rottmann-Grundschule

Eine zusätzliche Ermittlung des Wärmebedarfs des Schwimmbads in den Sommermonaten ist erforderlich, um die solarthermische Anlage entsprechend darauf abzustimmen.

Es ist zu prüfen, ob die Statik der Grundschule eine zusätzliche Dachlast zulässt.

5.2 Fotovoltaik

Fotovoltaik ist der Weg, Licht direkt in elektrischen Strom umzuwandeln. Wird Silizium dem Licht ausgesetzt, entsteht eine elektrische Spannung. Forscher machten diese Entdeckung nutzbar und entwickelten die ersten Solarzellen.

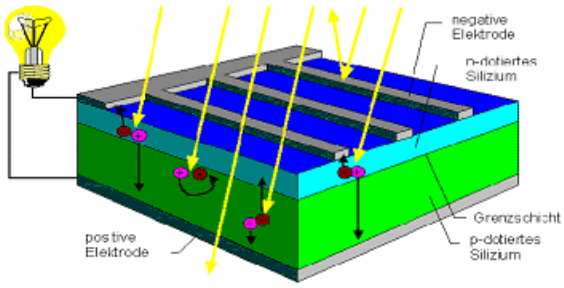

Abbildung 21: Aufbau einer Solarzelle (Quelle: EUPOS)

Bei den Solarzellen unterscheidet man nach drei Typen: monokristalline, polykristalline und amorphe (Dünnschicht) Solarzellen.

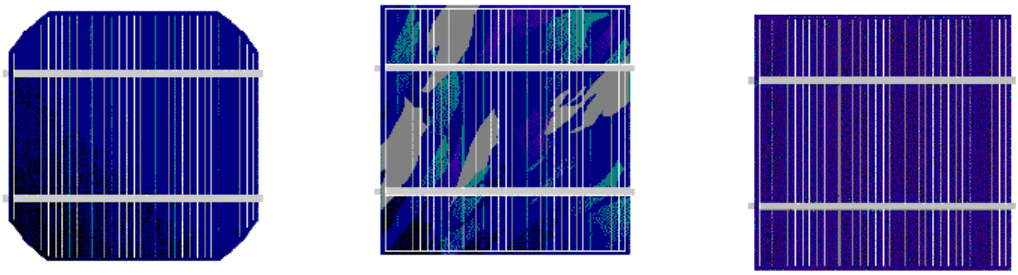

Abbildung 22: Verschiedene Solarzellen (Quelle: CD Solarenergie)

Derzeit sind im Leistungsbereicht über 30 Watt über 250 verschiedene PV-Module auf dem Markt. Diese unterscheiden sich durch ihre Abmaße, Leistung, Zelltypen und nicht zuletzt durch ihren Rahmen und die Einbindung in Montagesysteme (z.B. Fassadensysteme). Die hohe Qualität der Module wird durch Leistungsgarantien zum Ausdruck gebracht, die bei vielen Herstellern 20 Jahre und mehr einen nahezu gleichbleibenden hohen Ertrag garantieren. Die ersten Fotovoltaikmodule sind bereist seit über 40 Jahren im Einsatz, so dass bei Fotovoltaikmodulen von 25 Jahren Lebensdauer und mehr ausgegangen werden kann.

Fotovoltaikmodule werden in Größen bis zu 3 m² angeboten. Mit 10 - 15 kg/m² stellen sie echte Leichtgewichte dar und bedürfen daher in der Regel keiner verstärkenden Maßnahmen an der Dachstatik. Es gibt auch sogenannte Solardachziegel, die geschindelt anstelle der konventionellen Dacheindeckung angebracht werden können. Mittlerweile sind komplette Dachelemente als PV-Modul ausgebildet. Die einzelnen Fotovoltaikmodule werden mit Gleichstromkabeln verbunden und ergeben den Solargenerator.

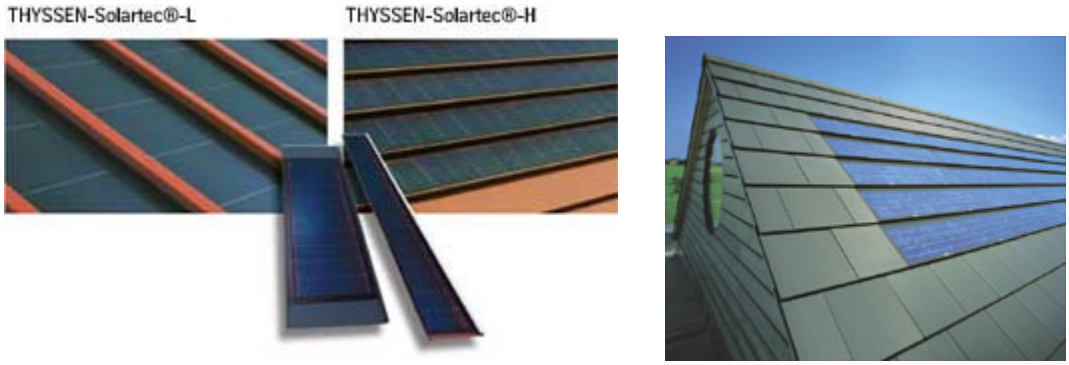

Abbildung 23: Fotovoltaikmodule (Quelle: Fa. Thyssen und Fa. Braas)

Inselanlage oder netzgekoppelte Anlage

Fotovoltaikmodule können als Inselanlagen und netzgekoppelte Systeme eingesetzt werden.
Inselanlagen dienen der Energieversorgung einzelner Geräte oder Gebäude, die nicht an das Stromnetz angeschlossen sind. Die Bauteile von Inselanlagen sind der Solargenerator (bestehend aus den Fotovoltaikmodulen), Laderegler, Wechselrichter sowie der Batteriespeicher.
Netzgekoppelte Anlagen sind über den Wechselrichter mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden. Der Strom aus der Fotovoltaikanlage wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist und vom Stromversorger vergütet. Eine netzgekoppelte Anlage benötigt keine Batteriespeicher und ist daher wesentlich kostengünstiger als eine Inselanlage.

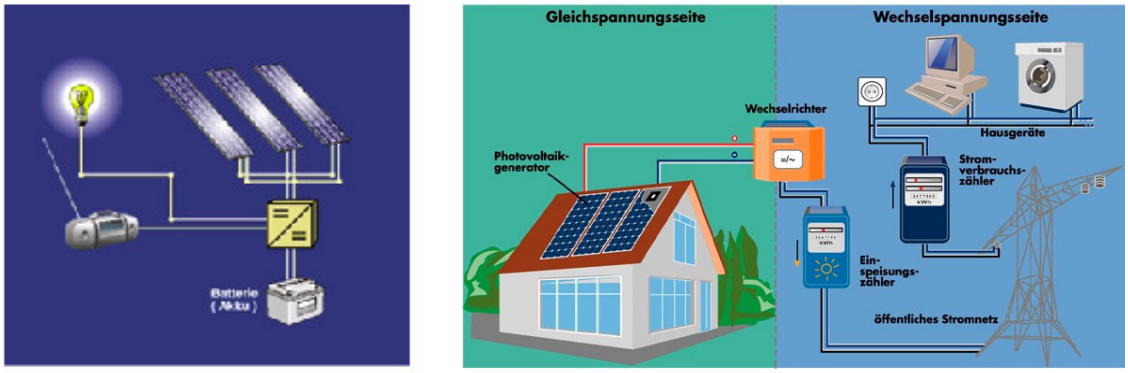

Abbildung 24: Inselanlage und netzgekoppelte Anlage (Quelle: CD Solarenergie)

Leistung und Ertrag

Eine Fotovoltaikanlage benötigt je Kilowatt Spitzenleistung (kW_{Peak}) eine Dachfläche von rund 10 m² (bei Verwendung mono- oder polykristalliner Solarzellen). Der meiste Solarstrom wird erzeugt, wenn das Dach nach Süden ausgerichtet ist und eine Neigung von 30° hat. Eine Ausrichtung der Fotovoltaikmodule nach Süd-West oder Süd-Ost verringert den Solarertrag um weniger als 10 %. Das gleiche gilt für Dachneigung von 10 ° bzw. 60°:

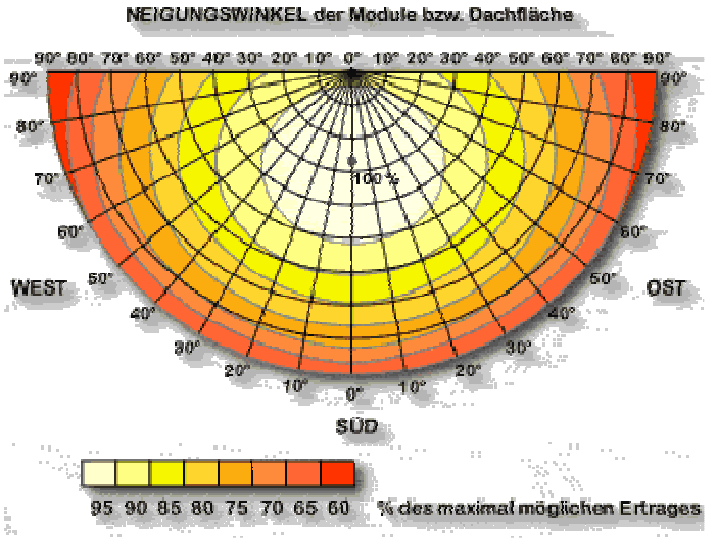

Abbildung 25: Anlagenertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung

Der Ertrag einer südausgerichteten Anlage beträgt rund 750 - 850 kWh je kW_{Peak}, in Süddeutschland unter optimaler Bedingung können über 900 kWh je kW_{Peak} geerntet werden. Eine Verschattung der Fotovoltaikmodule durch Schornsteine oder Bäume sollte unbedingt vermieden werden, da dadurch der Ertrag reduziert wird.

Genehmigung von Fotovoltaikanlagen

Die Montage von Fotovoltaikanlagen muss nicht genehmigt werden. Wie auch bei thermischen Solaranlagen sollte die Errichtung der Baubehörde formlos angezeigt werden. Ist das Gebäude denkmalgeschützt, ist eine Genehmigung einzuholen. Der Installateur meldet die PV-Anlage beim zuständigen Energieversorger an.

Einsatzmöglichkeit in Simmern

Anhand des Lageplans und einer Luftbildaufnahme werden die geeigneten Dachflächen im Schulzentrum für die Installation von Fotovoltaikmodulen grob ermittelt.

Von den Dächern der Verbandsgemeindeeigenen Gebäude sind für die Installation von Fotovoltaikmodulen nur die Flachdächer von Freizeitbad und Hunsrückhalle geeignet, sofern die Statik ausreichend dimensioniert ist.

Abhängig von der Dachgestaltung wie z. B. Dachform, Anordnung von Dachfenstern und verschiedene Höhen der Gebäudeteile verringert sich die Aufstellfläche der Module. Auch hier ist zu prüfen, ob die Gebäudestatik eine zusätzliche Dachlast in Form von Fotovoltaikmodulen erlaubt.

Aufgrund der derzeitigen Preise für Fotovoltaikanlagen und die weiter sinkende Einspeisevergütung sind zurzeit nur Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, die eine nahezu optimale Südausrichtung aufweisen. Sollten die Modulpreise wieder um wenige hundert Euro pro kW_{peak} fallen, kann eine Anlage auf der Rottmann Grundschule durchaus wirtschaftlich betrieben werden.

Auf den ca. 870 m² Dachflächen von Hunsrückhalle und Freizeitbad können insgesamt etwa 30 kW_{Peak} Fotovoltaik installiert werden. Der zu erwartende Jahresertrag beträgt rund 25.500 kWh_{el}/a.

6 Zusammenfassung

Die Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung der öffentlichen Gebäude im Bereich des Rathauses in Simmern untersuchte im Vergleich zur derzeitigen Einzelversorgung eine gemeinsame Wärmeversorgung auf Basis von Holz als Brennstoff sowie auf Basis von Pflanzenöl.

Sie bezieht folgende verbandsgemeindeeigene Gebäude in die Betrachtung ein:

- Freizeitbad und Hunsrückhalle
- Rottmann-Grundschule
- Einkaufsmarkt (z.Zt. verpachtet an Edeka)
- Rathaus und Feuerwache
- Schloss

Weiterhin werden folgende Liegenschaften mit einbezogen, da seitens der Gebäudeeigner Interesse besteht, in das Nahwärmenetz mit eingebunden zu werden:

- DRK-Gebäude, ehem. Post (Deutsches Rotes Kreuz)
- Finanzamt (LBB Rheinland-Pfalz)
- Amtsgericht (LBB Rheinland-Pfalz)
- DLR, ehem. Kulturamt (LBB Rheinland-Pfalz)

Um eine wirtschaftliche Alternative zu ermitteln, wurden zwei unterschiedlich große Nahwärmenetze betrachtet.

Die Ist-Analyse ermittelte den Wärmebedarf und die benötigte Wärmeleistung der Liegenschaften in Simmern zur Auslegung der Heizkessel in der Heizzentrale.

Mit den zur Verfügung gestellten Verbrauchsdaten der Gebäude wurde eine Energie- und Kohlendioxidemissionsbilanz aufgestellt. Um die gemeinsame Wärmeversorgung mit der derzeitigen Einzelversorgung vergleichen zu können, wurden die Gebäude zur entsprechenden Basisvariante zusammengefasst, die sich in einer Variante zur zentralen Wärmeversorgung befinden.

Die Kohlendioxid-Emissionsbilanz ergab, dass die zentrale Wärmeerzeugung aufgrund der gleichmäßigeren Wärmeerzeugung für das kleine Nahwärmenetz etwa 24 % und für das große Netz durchschnittlich 17 % des von der derzeitigen dezentralen Wärmeversorgung ausgestoßenen Kohlendioxids einspart.

Die Varianten der Wärmeerzeugung auf Holzbasis sparen für das große und das kleine Netz durchschnittlich etwa 60 % des von der derzeitigen Versorgung ausgestoßenen Kohlendioxids ein. Dies ist auf die CO_2-Neutralität der Biomasse Holz zurückzuführen. Allerdings werden für Holzhackschnitzel die Kohlendioxidemissionen, die bei der Herstellung und dem Transport entstehen, mit berücksichtigt.

Die Variante der Wärmeerzeugung mittels Pflanzenöl- BHKW spart für das große Netz durchschnittlich etwa 76 % des von der derzeitigen Versorgung ausgestoßenen Kohlendioxids ein. Die Variante auf Pflanzenölbasis im kleinen Netz spart 95 % Kohlendioxid ein.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ermittelte die Jahreskosten aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten. Für die Heizzentralen wurden überschlägige Investitionskosten zu Grunde gelegt.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind für die Wärmeversorgungsvarianten Wärmepreis angegeben, die sich aus den Jahreskosten bezogen auf den Wärmebedarf berechnen.

Der kleine Nahwärmeverbund bezeichnet die zentrale Wärmeversorgung von Freizeitbad / Hunsrückhalle, Rottmann-Grundschule, Einkaufsmarkt, Rathaus und DRK / Post.

Bisher fallen im Komplex Freizeitbad / Hunsrückhalle für die Wärmeerzeugung Kosten von jährlich. 178.000 € an. Bezogen auf den Wärmebedarf ergibt sich hier ein Wärmepreis von 5,2 Ct/kWh_{th}

Mit Jahreskosten von etwa 217.800 €/a erzielt Variante 1a (Wärmeerzeugung auf Erdgas- / Heizölbasis) den günstigsten Wärmepreis von 5,1 Ct/kWh_{th}.

Die Variante 2a (Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzel und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) und liegt mit Jahreskosten von 231.500 €/a und einem Wärmepreis von 5,5 Ct/kWh$_{th}$ etwas höher. Für Variante 3a (Wärmeerzeugung mittels Pflanzenöl- BHKW und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) errechnet sich bei Jahreskosten von 237.700 €/a ein Wärmepreis von 5,6 Ct/kWh$_{th}$.

Mit Jahreskosten von 288.900 €/a und einem Wärmepreis von 6,1 Ct/kWh$_{th}$ inkl. MwSt. stellt der Ist-Zustand die teuerste Möglichkeit der Wärmeerzeugung dar.

Der große Nahwärmeverbund bezeichnet die zentrale Wärmeversorgung von Freizeitbad / Hunsrückhalle, Rottmann-Grundschule und DRK / Post sowie von Einkaufsmarkt, Rathaus und Schloss. Hinzu kommen die Liegenschaften der LBB, dem Amtsgericht, dem Finanzamt und dem DLR / Kulturamt.

Mit Jahreskosten von etwa 233.800 €/a erzielt Variante 2b (Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzel und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) den mit Abstand günstigsten Wärmepreis von 4,3 Ct/kWh$_{th}$.

Die Variante 3b (Wärmeerzeugung mittels Pflanzenöl- BHKW und Erdgas / Heizöl- Spitzenlastkessel) ist mit Jahreskosten von 287.900 €/a und einem Wärmepreis von 5,3 Ct/kWh$_{th}$ die nächst günstigere Variante

Die Wärmeerzeugung auf Erdgas- / Heizölbasis (Variante 1b) und der Ist-Zustand liegen mit Jahreskosten von 299.400 €/a, bzw. 371.700 €/a deutlich höher. Variante 1b erreicht dabei einen Wärmepreis von 5,6 Ct/kWh$_{th}$ zurzeit wird die Wärme zu einem Preis von durchschnittlich 6,5 Ct/kWh$_{th}$ erzeugt.

Fazit / Empfehlung

Aus ökologischer Sicht stellen sich die beiden Varianten auf Basis des Brennstoffs Pflanzenöl als sinnvollste Lösung dar. Sie vermindern die globalen Kohlendioxid-Emissionen im Vergleich zur bisherigen Einzelversorgung am deutlichsten.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Realisierung des großen Nahwärmeverbundes unter Einbeziehung des Brennstoffes Holz die Variante, die zum günstigsten Wärmepreis führt.