Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Bezirksverband Pfalz

Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung der Lehr- und Versuchsanstalt für Viehaltung (LVLA) Hofgut Neumühle

erstellt von:

Prof. Dr. Peter Heck

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Reis

Dipl.-Betriebswirt (FH) Thomas Anton

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Endversion

November 2006

Verantwortlich i. S. d. P. 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 die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen ohne Quellenangaben nicht prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 6

1 Einführung 8

2 Ist - Zustandsbeschreibung des Gebäudebestandes 10

2.1 Hauptgebäude 10

2.2 Nebengebäude (Altes Internat) 12

2.3 Übernachtungshaus 12

2.4 Brauchwassererwärmung 12

2.5 Wärmenetz 13

3 Neue Heizanlage 14

3.1 Anschlussleistungen 14

3.2 Heizzentrale 16

3.2.1 Grundlast - Spitzenlast Auslegung 16

3.2.2 Pufferspeicher für Heizanlage 19

3.2.3 Warmwasserspeicher 20

4 Varianten 21

4.1 Holz 22

4.1.1 Holzhackschnitzel 25

4.1.2 Holzpellets 26

4.2 Energiekorn 27
4.2.1 Rechtliche Grundlagen 28

4.3 Pflanzenöl 32
4.3.1 Pflanzenölbrenner 32
4.3.2 Pflanzenöl Blockheizkraftwerk (PÖ-BHKW) 33

4.4 Biogas 34

4.5 Heizöl 36

4.6 Pflanzenöl BHKW mit Holzpellets (Grundlast) 36

5 Sonnenenergie 37

5.1 Solarthermische Anlagen 39
5.1.1 Komponenten solarthermischer Anlagen 39
5.1.2 Anlagendimensionierung 44
5.1.3 Speicherdimensionierung 46

5.2 Photovoltaikanlagen 47
5.2.1 Die Erzeugung von Strom aus Sonnenenergie 48
5.2.2 Wichtige Punkte bei der Installation einer Photovoltaikanlage 48
5.2.3 Photovoltaik – Entwicklung des Marktes 49
5.2.4 Photovoltaik Neumühle 49

6 Schlussfolgerungen für die Anlagenauslegung 51

6.1 Holzhackschnitzel 51
6.1.1 Heizanlage 51
6.1.2 Brennstofflager 53

6.2 Holzpellets 55
6.2.1 Heizanlage 55
6.2.2 Brennstofflager 55

6.3 Energiekorn 56
6.3.1 Heizanlage 56
6.3.2 Brennstofflager 57

6.4 Pflanzenöl (Brenner) 57
6.4.1 Heizanlage 57
6.4.2 Brennstofflager 58

6.5 Pflanzenöl (BHKW) 59
6.5.1 Heizanlage 59
6.5.2 Brennstofflager 60

6.6 Biogas (BHKW) 60

6.7 Heizöl 63

6.8 Pflanzenöl BHKW mit Holzpellets (Grundlast) 64
6.8.1 Heizanlage 64
6.8.2 Brennstofflager 64

7 Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsoptionen 65

7.1 Förderprogramme 65
7.1.1 Bundesmittel 65
7.1.2 Landesmittel 66
7.1.3 Zusammenfassung der Förderoptionen 67

7.2 Wirtschaftlichkeit 67
7.2.1 Übersicht der Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Varianten 68
7.2.2 Jährliche Kosten 72

8 Zusammenfassung 75

Anhang 81

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: LVLA Hofgut Neumühle mit Gebäuden 10

Abb. 2: Lageplan des Hofguts Neumühle 11

Abb. 3: Lichtschachtfenster und Lichtschachtabdeckung zur Heizzentrale 12

Abb. 4: Aufteilung der Jahresdauerlinie in mehrere Grund- und 17

Abb. 5: Energiebereitstellung durch Biomasse bei einer Leistungsverteilung 18

Abb. 6: Preisentwicklung Heizöl, Erdgas und Holzpellets (Jan. 02 – Sept. 05) 21

Abb. 7: Veränderung der Wärmegestehungskosten bei Veränderung des Brennstoffpreises 24

Abb. 8: Preisentwicklung Getreide/Heizöl 27

Abb. 9: Preisentwicklung bei Pflanzenölen Mai 05 – April 06....32

Abb. 10: Entwicklung Anzahl und Leistung von Biogasanlagen in Deutschland....34

Abb. 11: Ausrichtung der betrachteten Gebäude 37

Abb. 12: Schema einer Solaranlage zur Wärmeerzeugung 40

Abb. 13: Beispiel eines Flachkollektors 41

Abb. 14: Beispiel eines Vakuum- Röhrenkollektors 42

Abb. 15: Beispielhafter Aufbau eines solarunterstützen Trinkwasserspeichers....43

Abb. 16: Monatliche Anzahl der Übernachtungen (Belegungszahlen) 44

Abb. 17: Aufbau einer Photovoltaikanlage....48

Abb. 18: Binderkessel RRK 130-250 und mögliches Aufstellungsbeispiel 52

Abb. 19: Möglicher Alternativstandort für Heizzentrale mit Hackschnitzelbunker 54

Abb. 20: Köb & Schäfer Kessel Pyrot 220 und mögliches Aufstellungsbeispiel 56

Abb. 21: Talkkari-Kessel Veto 200 57

Abb. 22: NET Pflanzenölbrenner....58

Abb. 23: Pflanzenöl BHKW der Firma KW Energietechnik....59

Abb. 24: Lageplan mit möglichen Standort der Biogasanlage und Trassenführung 62

Abb. 25: Mögliche Ausführung ein vergrößerten Biogasanlage 63

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch und Jahresvollbenutzstunden 15
Tab. 2: Literaturwerte Jahresvollbenutzstunden nach Gebäudetypen 16
Tab. 3: Brennstoffbedarfsermittlung und Kesselgrößen 18
Tab. 4: Emissionsgrenzwerte für Strohfeuerungsanlagen 31
Tab. 5: Gebäudeausrichtung und -eignung für Solarenergienutzung 37
Tab. 6: Anzahl der Übernachtungen mit Monats- und Tagesmittel 44
Tab. 7: Tägliche Übernachtungen im Monatsdurchschnitt 45
Tab. 8: Spezifischer täglicher Warmwasserverbrauch von Objekten 45
Tab. 9: Daten Heizzentrale mit Hackschnitzel 52
Tab. 10: Variantenvergleich Hackschnitzelheizzentralen mit Brennstoffbunker 53
Tab. 11: Daten der Heizzentrale mit Holzpellets 55
Tab. 12: Daten der Heizzentrale mit Energiekorn (Getreide) 56
Tab. 13: Daten der Heizzentrale mit Pflanzenölkessel 58
Tab. 14: Daten der Heizzentrale mit Pflanzenöl BHKW 59
Tab. 15: Anzahl der Großvieheinheiten und der resultierenden Biogasmenge, Neumühle 60
Tab. 16: Daten der Heizzentrale mit Biogas-BHKW 61
Tab. 17: Daten der Heizzentrale mit Heizöl 63
Tab. 18: Daten der Heizzentrale mit PÖ-BHKW und Holzpellets 64
Tab. 19: Investitionskostenabschätzung Variante 1 68
Tab. 20: Investitionskostenabschätzung Variante 2 69
Tab. 21: Investitionskostenabschätzung Variante 3 69
Tab. 22: Investitionskostenabschätzung Variante 4 70
Tab. 23: Investitionskostenabschätzung Variante 5 70
Tab. 24: Investitionskostenabschätzung Variante 6 71
Tab. 25: Investitionskostenabschätzung Variante 8 71
Tab. 26: Annahme zu den Betriebskosten 73
Tab. 27: Wärmepreis Variante 1 75
Tab. 28: Wärmepreis Variante 2 76

Tab. 29: Wärmepreis Variante 3 76
Tab. 30: Wärmepreis Variante 4 77
Tab. 31: Wärmepreis Variante 5 77
Tab. 32: Wärmepreis Variante 6 78
Tab. 33: Wärmepreis Variante 7 78
Tab. 34: Wärmepreis Variante 8 79

1 Einführung

Die Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle ist seit ihrer Gründung im Jahr 1951 zuständig für die Aus- und Fortbildung in der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Sie ist darüber hinaus Sitz der im EU-Raum einzigartigen Bundesfachschule Vieh und Fleisch. 2003 unterzeichneten der Bezirksverband Pfalz und das Land Rheinland-Pfalz einen Kooperationsvertrag. Seitdem ist das Hofgut Neumühle des Bezirksverbands Pfalz in das Dienstleistungszentrum ländlicher Raum (DLR) Westpfalz integriert und für die überbetriebliche Erst- sowie Meisterausbildung in den Bereichen Milchkühe, Rinderaufzucht, Schafe und Schweine zuständig. Zu ihren Aufgaben gehört außerdem die Fort- und Weiterbildung in der Tierproduktion, ferner das praxisnahe Versuchswesen in den Bereichen Milchkühe, Rinderaufzucht und Schafe sowie die Verbraucherbildung durch Vermittlung landwirtschaftlicher Zusammenhänge.

Der 240 Hektar große Gutsbetrieb mit rund 70 Hektar Forstfläche bietet mit seinen modern ausgestatteten Lehrwerkstätten und einem großen Bestand an Nutztieren optimale Bedingungen für praxisnahe Bildung. Auf der Neumühle tummeln sich 70 Milchkühe samt Nachwuchs, 50 Zuchtsauen, die jährlich 1.100 Ferkel aufziehen, und eine Herde von 200 Merinolandschafen. Das Spektrum der Lehrtätigkeit reicht von der überbetrieblichen Ausbildung über die Vorbereitung auf die Meisterausbildung und Praktika für Hoch- und Fachhochschulabsolventen bis zu Spezialkursen für Schweine-, Rinder-, Schaf-, Pferde- und Damtierhalter. Schulklassen können an Seminartagen oder in Projektwochen auf der Neumühle ihr Schulwissen an der „tierischen“ Praxis testen. Auch Jugendgruppen sind bei der „Landwirtschaft zum Anfassen“ willkommen. Für das Landleben live stehen im hauseigenen Internat 40 Betten zur Verfügung.

Neben der Lehre ist die Versuchstätigkeit ein wichtiges Standbein des Hofguts Neumühle. Dabei werden Forschungsergebnisse zu Fragen der Tierhaltung und Tierernährung auf ihre Praxistauglichkeit überprüft und diese Erfahrungen an die Viehhalter weitergegeben.

Das IfaS soll hier im Rahmen einer vom Umweltministerium Rheinland-Pfalz geförderten Studie eine Heizenergieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger (Biomasseheizungsanlagen) untersuchen. Dabei soll der besonderen Stellung des Hofgutes Neumühle im Bereich der Aus- und Weiterbildung, und der damit verbundenen Vorbildfunktion Rechnung getragen werden. Weiterhin wird eine starke Öffentlichkeitsarbeit betrieben. Die LVAV beteiligt sich beispielsweise am bundesweiten Projekt „Landwirtschaft zum Anfassen“. In diesem Rahmen werden Besichtigungen, Seminare, Projekte und Vorträge angeboten. Die Wärmeversorgung mit einer Biomasseheizanlage sowie die Nutzung von Solarenergie kann in diese

Öffentlichkeitsarbeit mit einbezogen werden und so zur Sensibilisierung aller Beteiligten (Angestellte, Auszubildende, Besucher) zu diesem Thema beitragen.

Inhaltlich werden folgenden Untersuchungsszenarien für die Wärmeversorgung des Standortes aufgestellt:

- Holzhackschnitzelheizanlage
- Holzpelletsheizanlage
- Energiekornheizung
- Pflanzenölheizung
- Pflanzenöl Blockheizkraftwerk (BHKW)
- Biogasanlage mit BHKW
- Heizölanlage
- Pflanzenöl BHKW mit Holzpelletkessel als Grundlastversorgung

Neben der technischen Vorplanung wird ein Kostenvergleich der verschiedenen Techniken erfolgen. Dabei werden alle Kosten über die Nutzungsdauer der Anlagen berücksichtigt. Der Vergleich der Varianten untereinander wird ergänzt durch die Aufstellung einer beispielhaften Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Versorgung der Gebäude mit Heizöl. Zusätzlich wird eine Untersuchung darüber durchgeführt, in wie weit der Einsatz von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Diese Machbarkeitsstudie **ersetzt keine detaillierte Anlagenkonzeption** oder gar Planung. Sie gibt jedoch in einem ersten Schritt ökonomische und technische Hinweise für die Errichtung und den Betrieb einer Wärmeversorgung (Nahwärmenetz) auf der Basis von regenerativen Energien.

2 Ist - Zustandsbeschreibung des Gebäudebestandes

Die Betrachtung des IfaS konzentrieren sich auf die Wohn- und Schulungsgebäude der Neumühle. Diese sind nachfolgend beschrieben und in einer Luftbildaufnahme vermerkt.

Abb. 1: LVLA Hofgut Neumühle mit Gebäuden

2.1 Hauptgebäude

Das Hauptgebäude (1) befindet sich am nordwestlichen Rand des Hofgutes und bildet mit den angeschlossenen Stallungen und Lagerräumen einen Innenhof. Im Hauptgebäude befinden sich folgende Räumlichkeiten:

- ein Hofladen in dem landwirtschaftliche Produkte verkauft werden
- die Küche zur Verpflegung der Lehrgangsteilnehmer und des Personals
- Lehr- und Schulungsräume für Seminarteilnehmer
- Verwaltungsräume für den Bürobetrieb der Lehrgangsstätte
- Lagerräume und Stallungen
- Wohnräume die nur zeitweise genutzt werden und die
- Heizzentrale zur Versorgung der drei Gebäude

Die Heizzentrale befindet sich im Keller des Hauptgebäudes (siehe nachfolgende Skizze) und Versorgt die angeschlossenen Gebäude über eine Wärmeleitung mit Energie zur Wärmebreitstellung und zur Brauchwassererwärmung.

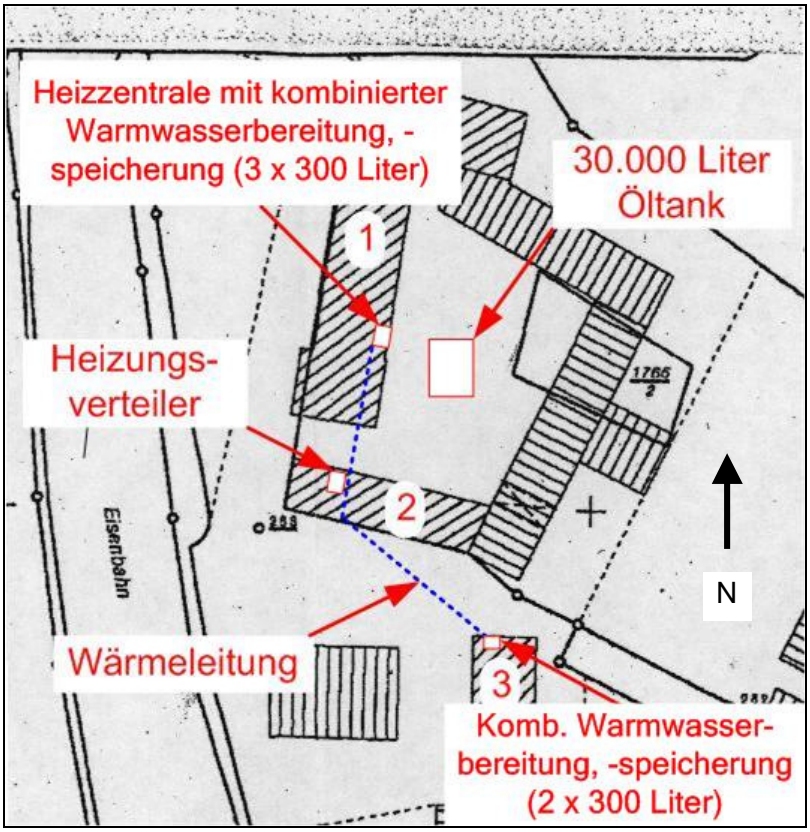

Abb. 2: Lageplan des Hofguts Neumühle

Die Heizanlage besteht aus zwei Buderuskesseln des Typs „Lollar“ mit je 215 KW Leistung und Vectron-Brennern. Die Anlage ist von Oktober bis April in Betrieb und versorgt folgende vier Heizkreise mit Wärmeenergie:

- Altbau Ost
- Altbau West
- Altes Internat (hiervon wird auch das Übernachtungshaus versorgt) und
- Boiler (Warmwassererzeugung)

Eine Zugänglichkeit der Heizzentrale zum Neueinbau einer Heizanlage ist vom Innenhof aus durch einen Lichtschacht und einen Treppenabgang gewährleistet. Die Größe des Lichtschachtfensters ist mit 1,8 m (Breite) x 1,9 m (Höhe) als ausreichende zu bezeichnen (siehe nachfolgende Abbildung), allerdings ist die Tiefe bzw. Breite des Lichtschachtes (90 cm) unter Umständen zu gering. Dies muss vor der Entscheidung für ei-

nen bestimmten Kessel auf jeden Fall eingehend geprüft werden, da im schlechtesten Fall erhebliche Kosten entstehen können bzw. eine gesonderte Heizzentrale errichtet werden muss.

Abb. 3: Lichtschachtfenster und Lichtschachtabdeckung zur Heizzentrale

2.2 Nebengebäude (Altes Internat)

Das Alte Internat (2) wird hauptsächlich als Wohnheim genutzt. Hier befinden sich Schlaf-, Aufenthalts-, Wasch- und Sozialräume sowie eine Hausmeisterwohnung. Das Gebäude wurde ca. 1960 errichtet und weist eine Ost-West Ausrichtung auf.

2.3 Übernachtungshaus

Das Übernachtungshaus (3) wurde 1965 gebaut und 2005 umgebaut und energetisch saniert (Fenster, Geschoßdeckendämmung der Kellerdecke und der Dachgeschoßdecke). Es befinden sich 9 Einzel- und 9 Doppelzimmer darin. Das Übernachtungshaus ist über eine Wärmeleitung mit der Heizzentrale im Hauptgebäude verbunden (siehe Abbildung 2).

2.4 Brauchwassererwärmung

Die Brauchwassererwärmung für die drei oben erwähnten Gebäude wird im Winter über die Heizanlage des Hauptgebäudes bereitgestellt. Im Hauptgebäude befinden sich 3 kombinierte Warmwassererzeuger / Speicher. Dieser werden im Winter durch die Heizanlage geladen und im Sommer über Strombetriebene Patronen geladen.

Im Übernachtungshaus (3) befinden sich zwei dieser kombinierte Warmwassererzeuger / Speicher. Auch hier werden diese im Winter über die Heizanlage im Hauptgebäude und im Sommer durch strombetriebene Heizpatronen versorgt (siehe Abbildung 2).

2.5 Wärmenetz

Das Gebäude Nummer 3 („Übernachtungshaus“) wird über eine ca. 40 Jahre alte Wärmeleitung vom „Haupthaus“ bzw. dem „Alten Internat“ aus versorgt. Sowohl die Heizwärme als auch die Wärme zur Warmwasserbereitstellung im Winter wird über diese Leitung bereitgestellt.

Laut Aussage von Beteiligten kann man im Winter den Verlauf der Wärmeleitung am schneller schmelzenden Schnee erkennen. Dies lässt auf den technischen Zustand der Wärmeleitung schließen. Die Wärmeleitung wurde wahrscheinlich zusammen mit dem Übernachtungshaus (1965) errichtet, hat demnach die nominelle Lebensdauer (30-40 Jahren) einer Wärmeleitung bereits erreicht und ist somit als sanierungsbedürftigen zu bezeichnen.

Das IfaS rät daher dringend diese Wärmeleitung im Zuge der Heizungserneuerung mit zu erneuern. Die Investition für die Erneuerung der Wärmeleitung und den Anschluss der Gebäude beläuft sich auf ca. 30.000 – 40.000 €. Dadurch könnten die Netzverluste, die schon bei Neubau eines Wärmenetzes mit Einfamilienhausbebauung im Jahresmittel bis zu 17%[1] betragen können, im Fall der Neumühle stark verringert werden (20 -30%).

In diesem Zusammenhang sei auch das Stichwort Versorgungssicherheit erwähnt, denn im Fall eines Rohrbruchs während einer Heizperiode muss die Leitung in jedem Fall innerhalb weniger Tage erneuert werden.

Für die Bestimmung der Wärmenetzkosten wurde auf Literaturwerte des Leitfadens Nahwärme zurückgegriffen.[2] Diese gliedern sich in Kosten für:

- Tiefbau
- Material
- Verlegung
- Isolierung
- Baunebenkosten
- Oberflächenwiederherstellung (falls notwendig)

Die Kosten stellen allgemein anerkannte Mittelwerte dar, die aber in der Praxis sowohl nach oben als auch nach unten abweichen können.

[1] Quelle: http://www.nahwaermeforum.de/leitfaden/leitfaden_waermeverteilung3.html

[2] Quelle: Frauenhofer Institut für Umwelt-, sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Leitfaden Nahwürme

3 Neue Heizanlage

In diesem Kapitel wird die Auslegung und Konzeptionierung einer neuen Heizanlage dargestellt. Es wird eine entsprechende optimierte Anschlussleistung ermittelt und auf die entsprechenden Energieträger (Holz, Biogas, Pflanzenöl) bzw. die Heizanlagentechnik (Kessel oder Blockheizkraftwerk) transferiert.

Darüber hinaus wird der Einsatz einer solarthermischen Anlage zur Brauchwassererwärmung im Sommer bzw. zur Heizungsunterstützung in der Übergangszeit geprüft.

Auf die Betrachtung von umfangreichen Dämmmaßnahmen wird verzichtet, da das Übernachtungshaus kürzlich saniert wurde (2005) und der allgemein Zustand der Gebäude (z.B. Zustand der Fenster) als befriedigend bezeichnet werden kann. Es sei aber an dieser Stelle angemerkt, dass die Erneuerung einer Heizanlage ohne die gleichzeitige Realisierung einer energetischen Gebäudesanierung entsprechend der heutigen Gebäudedämmstandards nicht als nachhaltig angesehen werden kann. Mit entsprechenden Dämmmaßnahmen kann der Heizenergiebedarf um bis zu 70% gesenkt werden. Dies kann eine langfristig wirtschaftliche Unterhaltung kommunaler Gebäude ermöglichen. Dämmmaßnahmen im Bereich der Fassaden- bzw. Außendämmung sind jedoch nur wirtschaftlich sinnvoll, wenn eine Fassadesanierung ohnehin durchgeführt werden soll.

Einsparmaßnahmen sind immer als Gesamtpaket zu verstehen um den maximalen Nutzen zu realisieren. Mögliche Einsparmaßnahmen an Gebäuden lassen sich in folgende Kategorien gliedern:

- Gebäudehülle (Dämmung, Fenster etc.)
- Anlagentechnik (Heizung, Regelung, Beleuchtung etc.)
- Organisation (Nutzer-, Bedienerverhalten etc.)

So kann der hier vorliegende Bericht als erste Stufe in einem Energiekonzept den Bereich Anlagentechnik abdecken.

3.1 Anschlussleistungen

Als Grundlage für die Auslegung der Wärmeleistung wurden die Heizölverbrauchsdaten der Jahre 2001 - 2005 berücksichtigt. Diese wurden in einen Wärmeverbrauch (kWh) umgerechnet und mit Hilfe der Vollbenutzungsstunden beurteilt.

Hierbei ist zu erwähnen, dass über die Vollbenutzungsstunden (= Quotient aus der Jahresenergie (kWh/a) und der maximalen Leistung (kW). Diese sagen aus, wie viele Stunden man

Energie im Jahr bezogen hätte, wenn konstant die Maximalleistung abgenommen würde) eine Aussage über die Dimensionierung der Heizanlage möglich ist. Ein zu hoher Wert (im Vergleich zu Literaturwerten) deutet auf eine unterdimensionierte Heizanlage hin, während ein zu niedriger Wert auf eine überdimensionierte Heizanlage hinweist. Dies wurde bei der Dimensionierung der Anschlussleistung berücksichtigt.

Rechnungsdatum	Liefermenge Liter Öl	Jahresverbrauch (l/a)	Jahresverbrauch (kWh/a)	Installierte Leistung (KW)	Jahresvollbenutz-stunden ist
22.03.2000	23.515	49.132	491.320	430	1.143
28.11.2000	25.617				
27.02.2001	24.927	69.152	691.520	430	1.608
02.07.2001	18.694				
13.07.2001	3.208				
17.12.2001	22.323				
21.02.2002	24.109	71.301	713.010	430	1.658
04.06.2002	23.005				
12.12.2002	24.187				
22.02.2003	25.949	57.612	576.120	430	1.340
15.10.2003	12.429				
21.11.2003	19.234				
05.02.2004	25.025	83.658	836.580	430	1.946
10.05.2004	13.057				
18.10.2004	25.555				
04.01.2005	20.021				
18.02.2005	5.492	56.800	568.000	430	1.321
09.03.2005	12.827				
19.05.2005	12.024				
12.10.2005	16.008				
23.12.2005	10.449				
08.02.2006	26.338				
13.04.2006	4.900				
Summe/Durchschnitt			646.092		1.503

Tab. 1: Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch und Jahresvollbenutzstunden

Die sich aus den Heizverbräuchen und der installierten Leistung ergebenden Jahresvollbenutzstunden (∅ 1.500 h/a) sind im Vergleich zu den in nachfolgender Tabelle angegebenen Literaturwerten sicherlich als zu niedrig zu beurteilen. Hier ist eher ein Wert von ca. 1.700 - 1.900 h/a anzusetzen. Dies begründet sich aus der Nutzungsstruktur des Hofgutes Neumühle, welche sich zwischen Wohngebäude (Mehrfamilienhaus), Hotel, Seniore- und Kinderheime sowie Verwaltungsgebäude einzuordnen ist. Daraus ergibt sich eine optimierte Heizleistung von ca. **340 - 380 KW (∅ ≈ 360 KW)**.

Gebäude	Vollbenutzstunden Heizung (h/a)
Wohngebäude mit Einzelofen (vor 1994)	1.550
Mehrfamilienhaus mit Sammelheizung (vor 1994)	2.100
Ein- und Zweifamilienhaus mit Sammelh. (vor 1994)	1.900
Schule einschichtig	1.018 - 1.370
Schule zweischichtig	1.130 - 1.510
Sporthallen einschichtig	1.018
Sporthallen zweischichtig	1.510
Hallenbäder (Heizung)	1.500 - 2.000
Hallenbäder (Lüftung und Wassererwärmung)	3.600
Gaststätten	1.100 - 1.250
Hotels	1.350 - 2.000
Kaufhallen und Supermärkte	1.500 - 1.900
Warenhäuser	2.000 - 3.000
Verwaltungsgebäude	1.500 - 2.400
Krankenhäuser	2.000 - 3.500
Senioren- und Kinderheime	2.200 - 2.500
Theater- und Kulturhäuser	1.000

Tab. 2: Literaturwerte Jahresvollbenutzstunden nach Gebäudetypen[3]

3.2 Heizzentrale

Diese optimierte Leistung wird in den nachfolgenden Varianten (Energieträger bzw. Bereitstellungstechniken in Kapitel 4) berücksichtigt. Sie ergibt sich, wie schon oben erwähnt, aus einer optimierten Dimensionierung der Kesselleistung, dem Einsatz eines ausreichend großen Wärmespeichers sowie Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Heizungsregelung.

3.2.1 Grundlast - Spitzenlast Auslegung

Bei Biomasseheizanlagen mit einer Leistung größer als 100 kW bzw. bei Heizanlagen mit geforderter Versorgungssicherheit sollten Mehrkesselanlagen in Betracht gezogen werden. Dabei bietet sich eine Aufteilung in Grund- und Spritzenlastkessel an.

Je nach Grund- oder Spitzenlast ergeben sich bestimmte Energieträger bzw. Umwandlungstechniken. Beispielsweise ist eine Gas- oder Ölheizung zur Spitzenwärmeabdeckung sehr gut geeignet, da sie schnell verfügbar, gut regelbar und kostengünstig in Technik und Wartung ist. Die Grundlast kann bei größeren Wärmenetzen auch auf mehrere Module verteilt

[3] Kubessa, Michael; Energie Kennwerte (Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb), Brandenburgische Energieeinspar-Agentur, Potsdam 1998, S. 20 ff.

(siehe nachfolgende Darstellung) werden und wird in der Regel durch Festbrennstoffe (Kohle) oder biogene Energieträger (Holz, Biogas oder Pflanzenöl) bereitgestellt.

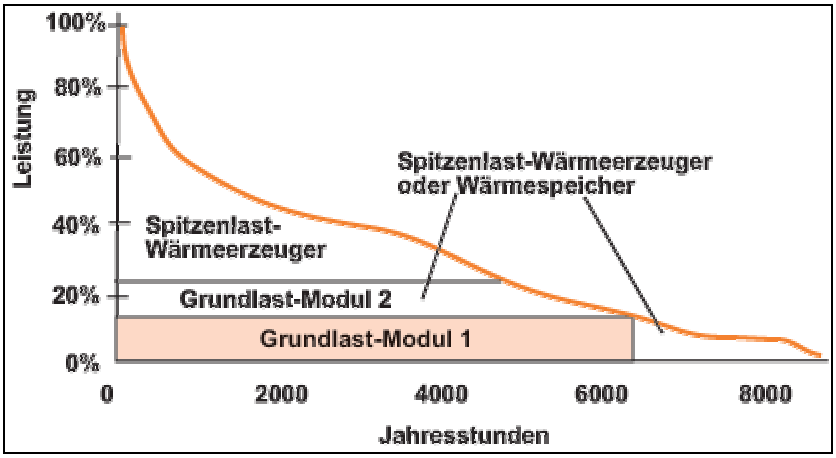

Abb. 4: Aufteilung der Jahresdauerlinie in mehrere Grund- und Spitzenlastmodule und / oder Wärmespeicher[4]

Einige Grundlast-Wärmeerzeuger, beispielsweise Biomasseanlagen, werden aus technischen bzw. wirtschaftlichen Gründen nur begrenzt im Teillastbereich eingesetzt, so dass der Spitzenlast-Wärmeerzeuger auch die Schwachlast übernehmen muss. Bei größeren Einheiten kann alternativ durch mehrmodulige Grundlastanlagen der Deckungsanteil erhöht und zusätzlich eine Redundanz aufgebaut werden (siehe obige Abbildung). Dies kann z. B. bei der Gestaltung von Reserveverträgen für den Strombezug hilfreich sein. Durch den Einsatz eines Wärmespeichers kann die Bedarfscharakteristik geglättet und so die Wärmeabgabe in der Grundlast erhöht werden. Die Speicherkapazität sollte dabei mindestens 50 % der stündlichen Wärmeleistung (Grundlast) betragen, um so während der Schwachlastzeiten zumindest einen halbstündigen Dauerbetrieb zu gewährleisten.[5] Weiterhin eröffnet ein Wärmespeicher bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen die Möglichkeit, die Anlage zeitweise stromgeführt zu betreiben und Spitzen im Reststrombezug zu minimieren. Zur Grundlastdeckung werden die kapitalintensiven Lösungen mit regenerativen Energien, Abwärmenutzung und KWK-Anwendung eingesetzt. Die Spitzenlast- und Reservevorhaltung übernimmt ein gas- oder ölgefeuerter Heizkessel. Für die ökologische Beurteilung ist die höhere Jahresarbeit in der Grundlast entscheidend, so dass eine Auslegung der regenerativen Energien auf die

[4] Eigene Darstellung in Anlehnung an. Dötsch, C./ Frauenhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Leitfaden Nahwärme, S. 13 ff

[5] Quelle: http://www.nahwaerme-forum.de

Grundlast in den meisten Fällen die effizientere und volkswirtschaftlich sinnvollere Maßnahme ist.[6]

So kann mit einer im kleinen Leistungsbereich zur Anwendung kommenden Leistungsverteilung von 50 / 50 zwischen Grund- und Spitzenlastwärmeversorgung eine Energieabdeckung mit erneuerbaren Energieträgern von im Optimalfall bis zu 90% erreicht werden (siehe nachfolgende Abbildung).

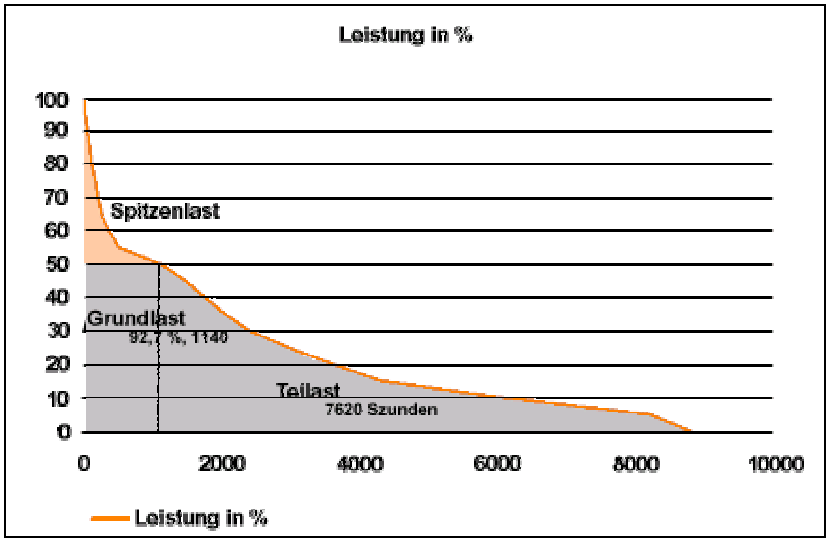

Abb. 5: Energiebereitstellung durch Biomasse bei einer Leistungsverteilung von Grund- zu Spitzenlastwärmeerzeugung von 50 / 50[7]

Aus den oben erwähnten Grundlagen ergibt sich in nachfolgender Berechnung eine Kesselgesamtleistung von ca. 360 kW. Diese Verteilt sich im Optimalfall zu 50% auf den Grund- und zu 50% auf die Spitzenlastversorger (Heizanlage).

Brennstofbedarf		**[kWh/a]**					
Ist - Endenergie-verbrauch	Ist Kesselverlust 15%	Ist Nutzenergie-verbrauch	Verlust Netz 10%	Verlust Kessel neu 10%	Endenergiebedarf = Brennstoffbedarf	Brennstoffbedarf Biomasse 80%	Brennstoffbedarf Heizöl 20%
646.092	96.914	549.178	54.918	49.426	**653.522**	522.817	130.704
Kesselauslegung		**[kW]**					
Endenergie-bedarf [kWh/a]	Volbenutzungs-stunden [h/a]	Theoretische Leistung	Verlust Netz 10%	Nennleistung Netzkessel	Gleichzeitigkeits-faktor	Installierte Wärmeleistung	
653.522	1.800	363	36	399	0,90	**359**	

Tab. 3: Brennstoffbedarfsermittlung und Kesselgrößen

[6] Vgl. Dötsch, C./ Frauenhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Leitfaden Nahwärme, S. 13 ff

[7] Quelle: http://www.nahwaerme-forum.de

3.2.2 Pufferspeicher für Heizanlage

Pufferspeicher für Heizanlagen dienen dazu die gelieferte Wärmeenergie in Zeiten, in denen keine Wärmenachfrage besteht, zwischen zu speichern bzw. zwischen zu puffern. Bei konventionellen Heizanlagen mit fossilen Energieträgern sind Pufferspeicher unüblich bzw. unnötig, da die Heizanlagen sehr schnell ansprechen und gut regelbar sind (Teillastverhalten).

Im Bereich der Bioenergieträger allerdings sind Pufferspeicher dringend notwendig. Sei es um bei Solarthermischenanlagen die Zeiten ohne Sonneneinstrahlung zu überbrücken, sei es um die Wärme von kontinuierlich in Betrieb befindlichen Wärmeerzeugern (BHKW) zwischenzuspeichern oder um die Laufzeit von „schwer" regelbaren Energieerzeugern (Hackschnitzel- oder Scheitholzkessel) zu verlängern. Dabei werden ca. 20 – 25 Liter pro KW Heizleistung angesetzt. Dies trägt damit maßgeblich zu einer hohen Auslastung des Biomasse-Grundlastwärmeversorgers und somit zu einer gesicherten Wirtschaftlichkeit bei.

Bei Bioenergie-Kraft-Wärme-Kopplungseinheiten (KWK) bzw. Bioenergie-BHKW's geschieht die Pufferspeicherauslegung auf andere Weise. Hier muss durch die hohen Jahreslaufzeiten, die durch das EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) bedingt sind, ein Kompromiss zwischen Wärmeabnahmeprofil, erzeugter Wärmeleistung und Speichergröße (wirtschaftlich sinnvolle Investition) gefunden werden. Im nachfolgenden wurde ein Speicherzeit von 4 Stunden angestrebt, aus der sich eine Speichergröße von ca. 7 m^3 ergibt.

$\dot{Q}$ = Wärmestrom [Wh], Leistung des Biomassewärmeerzeugers pro Zeiteinheit[8], (ca. 40 kW)

$\dot{m}$ = Massenstrom [kg/h], Angabe des Wassermassenstroms pro Zeiteinheit

c_P = Wärmekapazität [kJ/kg K], bei Wasser 4,18 kJ/kg K (1,163 Wh/(kg K))

ΔT = Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf (normalerweise 20 ^{O}C)

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_{P,Wasser} * \Delta T \quad => \quad \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_{P,Wasser} * \Delta T} \qquad (1)$$

$$\dot{m} = \frac{40.000W * 4h}{1{,}163 \frac{Wh}{kgK} * 20K} = 6.878kg => 6{,}9 - 7m^3$$

[8] Pufferspeicher werden im Allgemeinen so ausgelegt, dass sie die Wärmemenge speichern können, die das BHKW in 1 bis 2 Stunden produziert (BINE Informationsdienst, Blockheizkraftwerke, S. 60)

3.2.3 Warmwasserspeicher

In der Neumühle sind, wie bereits oben erwähnt, zwei Warmwasserspeicherstandorte vorhanden. Diese sind aus den Jahren 1974 bzw. 1984 und sollten im Zuge der anstehenden Heizanlagenerneuerung erneuert werden.

Die Größe des Warmwasserspeichers bzw. der Warmwasserspeicher ist hauptsächlich vom Warmwasserbedarf und dieser wiederum von der Nutzungsart bzw. dem Bedarfsprofils abhängig.

3.2.3.1 Übernachtungshaus

Hier ist der ausschlaggebende Faktor die Belegungsanzahl, d.h. die Anzahl an Übernachtungen der Lehrgangsteilnehmer. Die Hauptverbrauchsquelle ist die Brauchwassererwärmung (Duschen). Für eine eventuell in Betracht kommende Warmwasserversorgung durch eine Solarthermische Anlage ist der Warmwasserverbrauch in den Sommermonaten (Schwachlastperiode) ausschlaggebend (siehe Kapitel 5.1.2.1).

Für den heizungsversorgten Brauchwasserspeicher ist die maximale Warmwasserverbrauch in den Wintermonaten (Höchstlastperiode) ausschlaggebend. Dieser ergibt sich aus der winterlichen Übernachtungszahl von max. 27 Lehrgangsteilnehmern.

Daraus ergibt sich mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,9 [9] ein Speichervolumen von ca. **600 Liter**, dies entspricht der installierten Speichergröße und kann bei einer Erneuerung beibehalten werden.

3.2.3.2 Hauptgebäude

Im Hauptgebäude und dem angeschlossenen „alten Internat“ ist neben dem Warmwasserverbrauch für die Übernachtungszimmer (Duschen) die Küche als weiterer großer Abnehmer zu betrachten. Die maximale Anzahl der Übernachtungen liegt dem IfaS leider nicht vor, daher wird von einer maximalen geschätzten Übernachtungsanzahl von 60 ausgegangen. Berücksichtigt man diesen Wert (abzüglich der 27 Übernachtungen des Übernachtungshauses) und den erhöhten Warmwasserbedarf der Küche so ergibt sich ein nötiges Speichervolumen von ca. **1000 Liter**.

[9] Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 01/02, Oldenburgverlag 2001, S.1728 ff.

4 Varianten

In diesem Kapitel werden grundlegende Informationen zu den einzelnen Energieträgern und den entsprechenden Umwandlungstechniken aufgezeigt.

Die Energie-Preisspirale dreht sich immer schneller. In den letzten 2 Jahren haben sich die Ölpreise und Gaspreise in Deutschland verdoppelt. Globale Ölknappheit, rasante wirtschaftliche Entwicklung in Asien und expansive US Politik sind die Ursachen welche ihre Heizkostenrechnung auch in diesem Jahr wieder um einige hundert Euro steigern werden. Es gibt Alternativen mit denen Sie Ihre Heizkosten in den Griff bekommen.

Angesichts massiv steigender Rohölpreise wird Heizen mit Gas oder Öl immer teurer. Ein Ende der Preisspirale ist auf Grund der Internationalen politischen Verhältnisse laut Wirtschaftsexperten (Frankfurter Allgemeine Zeitung 16.01.2006) nicht abzusehen. Eine vom Ölpreis unabhängige Alternative bieten die mittlerweile technisch ausgereiften Biomasseheizungsanlagen.

Der große Vorteil von Biomasseheizungsanlagen liegt in dem niedrigen und relativ stabilen Brennstoffpreis. Beispielsweise liegt der Preis für Holzpellets im Vergleich zu Gas und Öl 40-50% niedriger. Die untenstehende Grafiken ist mittlerweile ein 3/4 Jahr alt und die Preise für Öl und ganz besonders für Gas sind weiter in die Höhe geklettert, während der Holzpellet Preis nahezu stabil ist.

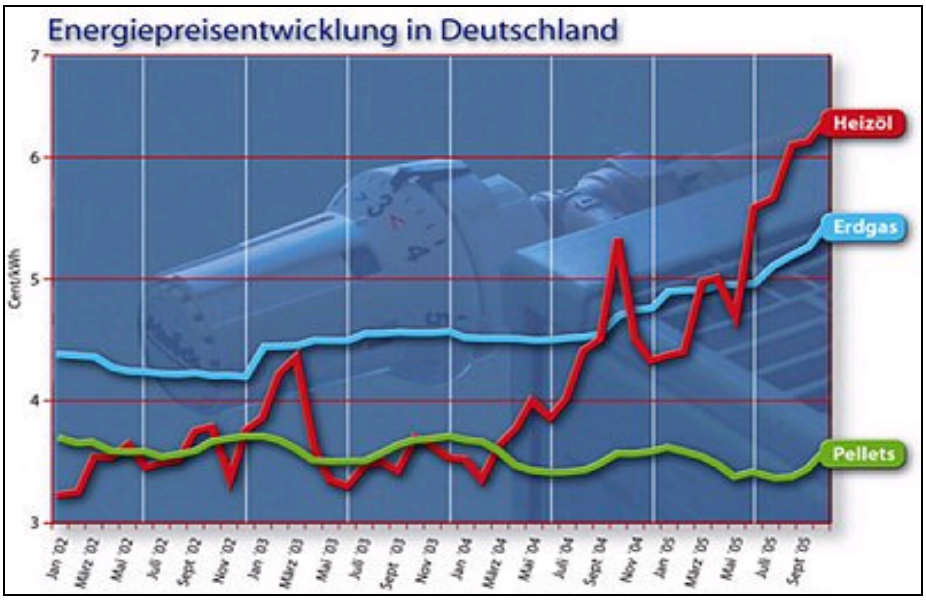

Abb. 6: Preisentwicklung Heizöl, Erdgas und Holzpellets (Jan. 02 – Sept. 05)[10]

[10] Quell: http://www.holzpellets-boerse.de/energie_preisentwicklung.htm

Bedingt wird der konstante Preis trotz steigender Nachfrage durch eine steigende Anzahl von Hersteller im Holzpellets Markt, so das Experten bereits von einem weiteren Sinken der Preise von Holz Pellet nicht überrascht wären.

Bei Bioenergieträgern (feste sowie flüssige Biomassen) ist die Beschaffungslogistik von großer Bedeutung. Gerade bei Holzartigen Brennstoffen aber auch bei Pflanzenöl und organischen Rest- bzw. Rohstoffen (Biogas) sind die Aufwendungen zur Beschaffung des Brennstoffes höher als beispielsweise bei fossilen Brennstoffen. So ist bei erneuerbaren, regionalen Energieträgern fast jedem Anlagenbetreiber freigestellt, die gesamte Bereitstellungskette des Brennstoffes selbst zu bewerkstelligen. Vom Anbau des Brennstoffes, über dessen Konfektionierung bis hin zum Transport des Brennstoffes. Hier gilt je höher der regionale Bezug, desto größer ist auch die regionale Wertschöpfung. Oft besteht ein einzelspezifisches Kostenreduktionspotenzial durch Beteiligung des Abnehmers an der Brennstoffbereitstellung.

Durch den meist geringeren Energiegehalt im Vergleich zu fossilen Brennstoffen und die nicht immer gegebene Verfügbarkeit (Holz) bzw. erforderliche Zwischenschritte (Trocknung) kann sich bei Bioenergieträgern ein erhöhter Lagerbedarf ergeben, dem mit größeren Lagermöglichkeiten Rechnung getragen werden muss. Dies kann zu höhere Investitionskosten führen und sollte bei der Anlagenplanung bereits berücksichtigt werden (siehe Kapitel 6.1 - 6.3)

4.1 Holz

In verschiedenen Wirtschaftsbereichen fallen Hölzer an, die energetisch genutzt werden können. Der Forst stellt Waldholz bereit, welches in verschiedenen Sortimenten anfällt. Die Altholzverordnung unterscheidet Industrierestholz und Gebrauchtholz. Gebrauchthölzer sind in diesem Zusammenhang „gebrauchte Erzeugnisse aus Massivholz, Holzwerkstoffen oder aus Verbundstoffen mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Massenprozent)“.[11] Althölzer werden nach den Kategorien A I - A IV unterteilt. [12] Diese unterscheiden sich nach der Bearbeitung des Holzes. Industrieresthölzer sind Resthölzer der holzbe- und verarbeitenden Industrie. Sie fallen im Produktionsablauf an. Wichtigster Zweig des Anfalls von Reststoffen ist die Sägeindustrie.

[11] § 2 Ziffer 1 Verordnung über die Entsorgung von Altholz, BGBl I Nr. 59, 23.08.2002

[12] § 2 Ziffer 4 Verordnung über die Entsorgung von Altholz, BGBl I Nr. 59, 23.08.2002

Daneben sind nicht unerhebliche Holzpotenziale im Bereich der Landschaftspflege vorhanden. Zur Kategorie Landschaftspflege-Grünschnitt werden alle Biomassen gerechnet, die im Rahmen von Landschaftspflegemaßnahmen anfallen.[13] Dazu zählen insbesondere holzartige Biomassen aus den Bereichen:

- Biotoppflege
- Straßenbegleitgrün
- Ufer- und Gewässerbegleitgrün
- Schienenbegleitgrün

Außerdem fällt bei den Landschafts- und Gartenbauern holzartiger Grünschnitt an, der energetisch genutzt werden kann.

Diese heterogene Angebotsstruktur bedingt eine sehr unterschiedliche Betrachtungsweise der verschiedenen Holzpotenziale und der Preise, zu denen die einzelnen Hölzer angeboten werden.

Zusätzlich ist auf längere Sicht der Anbau von schnellwachsenden Bäumen in der Landwirtschaft zu erwarten. So hat Thüringen schon nahezu die Holzpotenziale ausgeschöpft und setzt auf die Anlage von Kurzumtriebsplantagen.[14]

Die Nachfrage nach Faserrohstoffen für die Holzindustrie wird steigen. Die Versorgung mit Holzrohstoffen wird zum strategischen Faktor[15] für die Holzindustrie. Gleichzeitig wird die Nachfrage nach Energieholz weiterhin steigen. Die Landesregierung Rheinland-Pfalz will den Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch innerhalb der nächsten zehn Jahre verdoppeln.

Das Angebot an Holz wird auf lange Sicht voraussichtlich steigen. So sind aus der Forstwirtschaft und der Landespflege bzw. dem kommunalem Grünschnitt höhere Holzmengen zu erwarten, aus dem Altholz gleich bleibende Mengen.

Der Preis von Energieholz sollte demnach in den nächsten Jahren auf dem heutigen Niveau bleiben:

---

[13] vgl. IfaS: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Biomassenutzung in Rheinland-Pfalz, Abschlußbericht Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 2004

[14] Vetter, A., Energieholzanbau- Der Kompromiß zwischen Biomasseproduktion und Naturschutz, in: Tagungsband zur Fachtagung Auf Holzwegen in die Zukunft, Nimbschen, 2004

[15] Loboda, St.: Jahrestagung Landesforstverein Sachsen-Anhalt, AFZ/DerWald 22/2003, S. 1142-1145, 2003

- 8 bis 12 Euro pro Srm für Hackschnitzel aus Sägewerkern bzw. Hackschnitzel aus dem holzartigen Grünschnitt
- 17,00 bis 25,00 Euro/Srm für Waldholz

Mittel- und langfristig wird der Energieholzpreis jedoch steigen. Für den Heiz(kraft)werksbetreiber bedeutet dies, dass er möglichst langfristige Verträge abschließen sollte. Er sollte das Holz aus einem Mix der verschiedenen Anbietergruppen (Sägewerker, Forst, Spänehändler usw.) beziehen. In den Verträge kann eine Preisgleitklausel unter Einbezug des Erzeugerpreisindex für Sägenebenprodukte, der Lohnkosten und zu kleinen Teilen der Ölpreise miteinbezogen werden, um dem Anbieter Preisanpassungsmöglichkeiten zu gewährleisten.

In Abbildung 4 wird deutlich, dass bei einer Steigerung des Holzpreises um 10% der Wärmepreis um 0,224 Ct/kWh steigt.[16] Dies ist jedoch abhängig von folgenden Rahmenbedingungen des Holznahwärmesystemes.

- Investitionskosten in die Anlage und die Peripherie
- Investitionskosten in die Nahwärmeleitung
- Volllaststunden
- Kosten für die Abdeckung der Spitzenlast

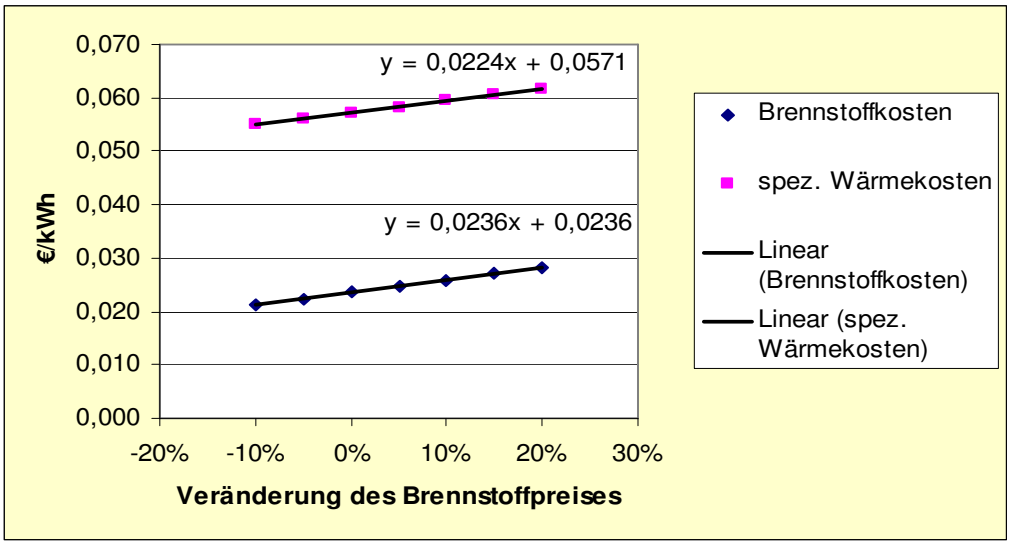

Abb. 7: Veränderung der Wärmegestehungskosten bei Veränderung des Brennstoffpreises (Beispiel Holznahwärmesystem in Weilerbach mit einer Nennleistung ca. 800 kW)

[16] Diese Aussage kann immer nur für einzelne Anlagen getroffen werden. Das hier betrachtete Heizsystem hat eine Nennleistung von 800 kW.

4.1.1 Holzhackschnitzel

Die Nachfrage nach Holzhackschnitzeln hat sich in den letzten Jahren verändert. Dies führte zu einer starken Nachfrage. So kann in Bayern und Baden-Württemberg das Angebot an Industrieholz aus dem Wald die Nachfrage nicht mehr decken.[17] In Bayern kam es zu "historisch hohen Preisen" bei Industrieholz. Für Deutschland wurde im Dezember 2003 für die Staatsforsten eine Preissteigerung von 24,2 % gegenüber Dezember 2002 beobachtet.[18] Ein Grund für die Zunahme der Nachfrage nach günstigen Holzsortimenten ist die seit 2001 verstärkte Nachfrage der Holzwerkstoffindustrie. So entstand z.B. in Stendal (Sachsen-Anhalt) ein Zellstoffwerk, welches sogar Stoffmengen bis nach Rheinland-Pfalz nachfragt. Insgesamt werden in Stendal jedes Jahr rund 2,6 Mio. Fm an Waldholz bzw. 1 Mio. Fm an Sägenebenprodukten zusätzlich nachgefragt.[19]

Neben der Holzwerkstoffindustrie entwickelt sich der Bereich der Energieholzproduktion zu einem neuen Absatzmarkt. In Rheinland-Pfalz ist die Nachfrage nach Energieholz noch verhältnismäßig gering. Derzeit sind knapp 31 MW elektrische Nennleistung bzw. 299 MW thermische Leistung installiert.[20] Aufgrund von vielen Aktivitäten zur energetischen Nutzung von Holz ist jedoch eine starke Zunahme der Nachfrage zu erwarten. Beispielhaft sei hier der LK Birkenfeld genannt. Der Landkreis hat in einem Kreistagsbeschluss den Kommunen die Vorlage gemacht, bei Neuinstallation von Heizanlagen die Wirtschaftlichkeit von Holzheizanlagen zu überprüfen. Bei einer besseren oder gleichen Rentabilität von Holz gegenüber Gas werden Gemeinden aufgefordert holzgeführte Heizsysteme zu präferieren.

Sägewerker verzeichnen eine höhere Nachfrage nach Sägenebenprodukten durch die Pelletindustrie. So hat sich in Rheinland-Pfalz die Produktionskapazität von 43.000 Mg in 2001 auf 56.000 Mg in 2004 gesteigert.[21] Die Nachfrage nach Holzhackgut aus Sägewerken kann jedoch befriedigt werden. So fiel der Erzeugerpreisindex für Holzhackschnitzel im Jahr 2004 auf 84,4 im Vergleich zum Basisjahr 2000.[22] Der Verband der Deutschen Säge- und Holzin-

[17] vgl. z. B.die Holzmarktberichte in AFZ, Der Wald 9/2004, S. 471; AFZ, Der Wald 7/2004

[18] Holzzentralblatt vom 06. April 2004, Nr. 27, S.350

[19] http://www.hbcnet.info/zellstoff/site/?site=4, 15.03.2004

[20] vgl. IfaS: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Biomassenutzung in Rheinland-Pfalz, Abschlußbericht Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 2004

[21] IfaS Recherche, August 2004

[22] Quelle : http://www.saegeindustrie.de/index_saegeindustrie.cfm, 14.09.2004

dustrie spricht davon, dass von einer Verknappung an Faserrohstoffen aufgrund der höheren Nachfrage nicht die Rede sein kann.[23]

Die Nachfrage nach Grünschnitt lässt sich nur schwer beziffern. Hier wird erst sehr wenig aus Heizanlagen nachgefragt. Der anfallende Grünschnitt wird entweder vor Ort belassen oder aber in Kompostieranlagen dem Bürger als Mulch oder Humus verkauft. Hier wird sich in nächster Zeit aus der energetischen Nutzung eine Nachfrage entwickeln.

4.1.2 Holzpellets

Inzwischen sind über 15.000 Pelletsheizungen in Deutschland installiert. Es gibt einfach eine Vielzahl von Handwerkern, Energieberatern und Planern, die Architekten nicht zu vergessen, die sich für Holzpellets interessieren. Der Markt ist in den letzten Jahren dynamisch gewachsen.

Die Qualitätssicherung des Brennstoffs Holzpellets und seine Lagerung sind Themen, die immer wieder auftauchen, gerade bei den Pelletsfirmen selbst. Hier besteht sicherlich noch Handlungsbedarf für die Pelletsbranche.

Generell ist der Brennstoff Holzpellets als sicher, sauber und preisstabil anzusehen. Die heutige Lieferstruktur und die Verbrennungstechnik erlauben einen komfortablen Betrieb der mit einer Heizölanlage vergleichbar ist.

[23] VDS: Sägeindustrie sieht dem Jahr 2004 mit gedämpftem Optimismus entgegen, Pressebericht, VDS, Wiesbaden, 2004

4.2 Energiekorn

Da Energiekorn bzw. Getreide kein „normaler“ Brennstoff ist, sonder schon seit einiger Zeit kontrovers diskutiert wird, werden hier zu Beginn einige grundlegende Informationen gegeben. Es wird sich auf rechtliche Grundlagen beschränkt, da diese maßgeblich für die Errichtung einer Getreidekesselanlage sind. Auf ethische Aspekte wird bewusst verzichtet, dies muss jeder Betreibe für sich entscheiden. Auch auf technische Aspekte der Verbrennung wird verzichtet, da die erwähnten Anlagenhersteller die Verbrennungstechnik von Getreide beherrschen.

Getreide ist ein Grundnahrungsmittel aber auch ein Rohstoff, der auf vielfältige Weise genutzt werden kann. Der Marktwert von Getreide ist allerdings nicht mehr so hoch wie er einmal war. Seit 1984 sind die Getreidepreise in Europa kontinuierlich am sinken und seit 1999/2000 ist leichtes Heizöl, gemessen am Verbrennungswert, bereits teurer als Futtergetreide[24].

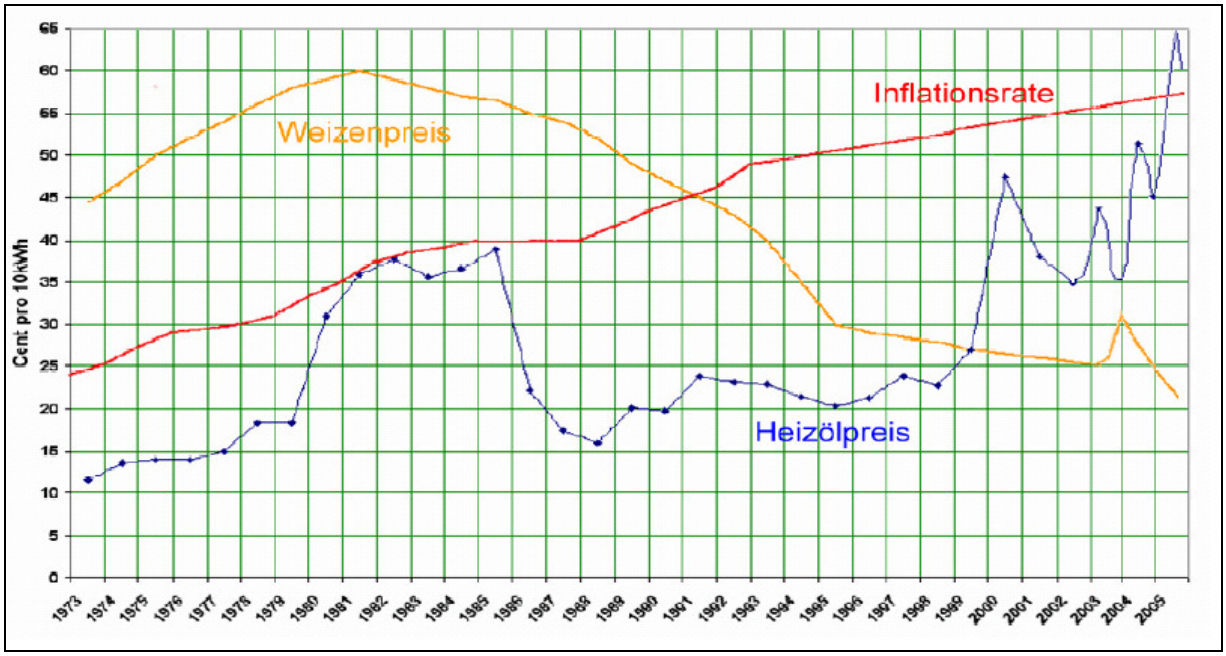

Abb. 8: Preisentwicklung Getreide/Heizöl [25]

Seit einigen Jahren verstärkt sich daher das Interesse in der Landwirtschaft daran, Getreide energetisch zu nutzen. Auf diese Weise können fossile Energieträger wie Heizöl eingespart

[24] Quelle: http://www.ktbl.de/energie/kleinfeuerungsanlagen.pdf

[25] Quelle: http://www.getreide-heizung.de/media/pdfs/eth-referat.pdf, Stand 9.3.2006

werden. Hierbei spielen steigende Energiekosten sowie verschiedene rechtliche Dinge eine Rolle, auf die an späterer Stelle genauer eingegangen wird.

4.2.1 Rechtliche Grundlagen

Für den Leistungsbereich von 15 – 100 kW ist die Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen 1.BimSchV [26] zuständig. Da Energiekorn in dieser Verordnung **nicht** als so genannter Regelbrennstoff zugelassen ist, ist daher die Verbrennung von Getreide nicht erlaubt. Dagegen ist bei Feuerungsanlagen mit einer Leistung größer als 100 kW nach der 4.BimSchV [27] Getreide als Brennstoff zugelassen, jedoch ist hierfür ein Genehmigungsverfahren erforderlich und die „strengen" Emissionsgrenzwerte der TA-Luft [28] sind einzuhalten.

Zu den weiteren rechtlichen Rahmenbedingungen zählt, dass seit Anfang 2001 der Energiegetreideanbau durch die EU-Verordnung Nr. 587/2001 auf Stilllegungsflächen erlaubt ist. Des Weiteren ist laut TA Siedlungsabfall die Deponierung von nicht mehr verwendbarem Getreide seit 2005 nicht mehr erlaubt (Vgl. BRÖKELAND 2005).

- Rechtliche Grundlagen im Rahmen der **1. BImSchV**

  In Anlagen, die eine Leistung von weniger 15 kW haben, ist die Verbrennung von Getreide nicht gestattet. Es dürfen hier nur Holz- oder Holz-Presslinge verbrannt werden.

  Kleinfeuerungsanlagen mit einer Leistung von mehr als 15 und weniger 100 kW unterliegen der 1. BImSchV, die zugelassene Brennstoffe nennt. Es werden hier neben verschiedenen Holzbrennstoffen „Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe" genannt.[29] In den Erläuterungen zur 1. BImSchV werden als Beispiele für Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe z. B. Schilf, Elefantengras, Heu und Maisspindeln genannt.[30] Getreide ist hier nicht aufgeführt und demnach **kein Regelbrennstoff.** Somit ist die Verbrennung von Getreide im Rahmen der 1. BimSchV nicht erlaubt.

---

[26] 1.BImSchV (2003): 1.BImSchV 2003: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Kleinfeuerungsanlagenverordnung) vom 15.07.1988, BGBl. I Seite 1059, Neufassung vom 14.03.1997, zuletzt geändert am 14.08.2003, BGBl I Seite 1614. 2003

[27] 4.BImSchV (2004): Anhang Nr. 1.3 Spalte 2, 4.BImschV 2004: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 24.07.1985, BGB1. Seite 1586, neugefasst am 14.03.1997, zuletzt geändert am 06.01.2004, BGBl I Seite 2. 2004, Anhang Nr. 1.3 Spalte 2,

[28] TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft -TA Luft) vom 24.Juli 2002, Inkrafttreten am 1.10.2002

[29] Quelle: 1. BImSchV § 3 Abs. 8

[30] Quelle: Broschüre C.A.R.M.E.N- e.V. , Heizen mit Getreide

Die Verbrennung von Getreide kann unter bestimmten Voraussetzungen im Rahmen des § 20 der 1. BimSchV als Ausnahme geregelt werden. Hier kann eine Ausnahmegenehmigung erteilt werden: „...soweit im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbillige Härte führen und schädliche Umweltauswirkungen nicht zu befürchten sind“.

In Rheinland-Pfalz (RLP) werden die Bedingungen für die Ausnahmegenehmigung derzeit vom Ministerium für Umwelt und Forsten (MUF) Rheinland-Pfalz in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS, Herrn Dipl.-Forstwirt B. Wern) erarbeitet. Dabei soll durch Grenzwerte die unter dem Niveau der 1. BimSchV liegen eine Umweltauswirkung ausgeschlossen werden. Folgende Grenzwerte müssen von Heizanlagen eingehalten werden:

- Staub: <100 mg/m³ bis 50 kW Nennleistung; <50 mg/m³ bis 100 kW Nennleistung
- CO: <1 g/m³
- NO_x: Auf Grund der starken Abhängigkeit der Stickoxidemissionen vom eingesetzten Getreide wird für die Stickoxidemissionen in den Anlagen des Forschungsvorhabens kein Zielwert festgelegt. Grundsätzlich sollte jedoch eine Massenkonzentration von < 500 mg/m³ angestrebt werden.

Bisher erfüllen nur wenige Hersteller mit ihren Anlagen diese Anforderungen.

Nach Aussage von Carmen- e.V. wird derzeit eine Novellierung der 1. BImSchV vorbereitet, wobei die Verbände aufgefordert sind, Vorschläge für eine Überarbeitung einzureichen. Mit dem Inkrafttreten der Novelle ist nicht vor 2008 zu rechnen. Einige Verbände und Bundesländer haben bereits einen Antrag zur Aufnahme von Getreide als Regelbrennstoff gestellt. Dieser Antrag wurde allerdings vertagt. Im Auftrag des Verbraucherministeriums hat die FNR 2005 neun Forschungsvorhaben zur Getreideverbrennung bewilligt, deren Ergebnisse die Entscheidung beeinflussen wird.

Die genauen Inhalte der Novelle stehen noch nicht fest. Nachfolgend sind einige Punkte aufgeführt, die derzeit diskutiert werden.

- Verschärfung des derzeitig gültigen Staubgrenzwertes
- wenn Getreide, dann NOx -Grenzwert zumindest für Prüfstandmessungen
- Festlegung einer Pufferspeichergröße (50 l/kW)

Ob In Rheinland-Pfalz (RLP) wird Getreide als Regelbrennstoff mit besonderen Anforderungen an die Emissionswerte in die neue 1. BImSchV aufgenommen wird, ist bisher un-

klar. Mehrere Bundesländer haben aber beim Bundesrat einen Antrag zur Aufnahme von Getreide als Regelbrennstoff gestellt.

Fest steht, dass Getreidefeuerungsanlagen, die durch technische Verbesserungen in der Lage sind, den jetzigen Staubgrenzwert von 150 mg/m³ Abgas einzuhalten, durch eine mögliche Verschärfung des Grenzwerts trotzdem bei den Emissionsmessungen durchfallen. Eine Verminderung der Staubemissionen ist dann nur noch mit sekundären Entstaubungseinrichtungen möglich, welche die Investitionskosten für die Gesamtanlage deutlich erhöhen.[31]

- Rechtliche Grundlagen im Rahmen der 4. BImSchV

  Für Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW greift die 4. BImSchV mit den Emissionsgrenzwerten der TA Luft, was nicht nur mit einem erhöhten Aufwand für Genehmigungsverfahren und Rauchgasreinigung verbunden ist, sondern auch deutlich höhere Investitions- und Betriebskosten verursacht.[32]

  Ab einer Feuerungswärmeleistung von 100 Kilowatt ist sowohl der Einsatz von Stroh als auch von Getreidekorn nur in genehmigungsbedürftigen Anlagen nach Nr. 1.3 des Anhangs der vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) zulässig. Die Anforderungen zur Luftreinhaltung sind für diese Anlagen grundsätzlich in der TA Luft 2002 geregelt. Da das Emissionsverhalten von Getreidekorn eher dem Emissionsverhalten von Stroh ähnelt als dem von Holz und die besonderen Anforderungen der TA Luft 2002 an Strohfeuerungen auch dem Verhalten von Getreidekorn im Verbrennungsprozess gerecht werden, können diese besonderen Anforderungen aus fachtechnischer Sicht auch für den Einsatz von Getreidekorn herangezogen werden. Beim Vergleich mit den Anforderungen an die Verbrennung von naturbelassenem Holz fällt auf, dass die TA Luft 2002 bei der Strohverbrennung zwar deutlich schärfere Anforderungen an die Begrenzung der Gesamtstaubemissionen kleinerer Anlagen stellt, aber zum Teil sogar deutlich geringere Anforderungen an die Begrenzung der Kohlenmonoxid-, Stickstoffoxid- und Gesamt- C-Emissionen.

  Von Seiten der Landwirtschaft kam im Herbst 2002 der dringende Wunsch, witterungsbedingt geschädigtes bzw. minderwertiges Getreidekorn auch als Brennstoff einsetzen zu können. Nach Prüfung der rechtlichen Möglichkeiten hat daher das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) kurzfristig den zuständigen

[31] Broschüre C.A.R.M.E.N- e.V. , Heizen mit Getreide, Seite 9

Behörden (in Bayern sind dies die Kreisverwaltungsbehörden) mit Hinweise für den Erlass von befristeten Ausnahmegenehmigungen bzw. befristeten Änderungsbescheiden gegeben. Dies galt für bestehende immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 15 Kilowatt bis zu einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 1 MW, die bisher mit Regelbrennstoffen im Sinne der 1. BImSchV betrieben werden und bestehende, nach Nr. 1.3 des Anhangs der 4. BImSchV genehmigte Anlagen, die keine Genehmigung für Getreideeinsatz haben. Zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Auswirkungen des Einsatzes von Getreidekorn wurden die Ausnahmegenehmigungen durch ein staatlich finanziertes Messprogramm begleitet.[33]

Anlagenleistung	Regelwerk	CO (g/m^3)	Staub (mg/m^3)	Org. C (mg/m^3)	NO_X (mg/m^3)
< 15 kW	Nicht zulässig				
15 - 100 kW	1. BImSchV	4	150	-	-
100 – 5.000 kW	TA- Luft	0,25	150	50	500
5.000 - 50.000 kW	TA- Luft	0,25	50	50	500

Tab. 4: Emissionsgrenzwerte für Strohfeuerungsanlagen [34]

[32] Quelle: http://www.tll.de/ainfo/pdf/verb0403.pdf

[33] http://www.ktbl.de/energie/kleinfeuerungsanlagen.pdf Seite 5, Stand 8. März 2006

[34] Quelle: http://www.boxer99.de/biomasse_emissionen.htm, Stand 8.3.06

4.3 Pflanzenöl

Nach Schätzungen von Experten ist davon auszugehen das der Pflanzenölpreis in den nächsten Jahren starken Schwankungen unterliegen wird. Dies ist einerseits mit einer steigenden Nachfrage im Mobilen (Verkehr) als auch im Stationären (Energieerzeugung) Sektor zu begründen, andererseits mit dem geplanten Wegfall der landwirtschaftlichen Exportsubventionen durch die „World Trade Organization“ (WTO). Diese plant bis 2013 aller landwirtschaftlichen Exportsubventionen zu beenden. Wichtiger Bestandteil eines Maßnahmenpakets ist die Gewährung von zoll- und quotenfreiem Zugang für die am wenigsten entwickelten Länder (LDC) zu den Märkten aller Industrieländer sowie einzelner Schwellenländer.

Mittel- bis langfristig ist davon auszugehen, dass die Kosten für Biokraftstoffe mindestens stagnieren werden. Spätestens ab 2013 werden sich die Kosten für Pflanzenöl und Bioethanol in Deutschland an das wesentlich günstigere Weltmarktniveau anpassen. Wie viel diese Biokraftstoffe dann kosten werden, ist auch vor dem Hintergrund der bis dahin weiter steigenden Nachfrage nach Bokraftstoffen nur schwer abschätzbar. Zum Vergleich: ein Liter Bioethanol kostet in Brasilien an der Tankstelle ca. 1,40 Real pro Liter. Dies entspricht nach aktuellem Wechselkurs etwa 0,50€/l und nicht 0,92€/l wie in Deutschland (Preise ohne 30%igen Aufschlag für Mehrverbrauch).

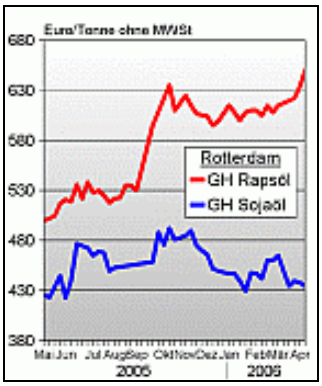

Abb. 9: Preisentwicklung bei Pflanzenölen Mai 05 – April 06[35]

4.3.1 Pflanzenölbrenner

Neben der kombinierten Kraft- und Wärmeerzeugung im Blockheizkraftwerk (BHKW) lässt sich naturbelassenes Pflanzenöl oder auch Pflanzenölmethylester (z. B. RME) auch als Brennstoff in Feuerungsanlagen einsetzen. Mit RME können in der Regel alle konventionel-

[35] Quelle: http://www.agrarberatung-hessen.de/markt.html

len Heizölfeuerungen betrieben werden, sofern diese RME beständig ausgeführt sind. Dagegen lässt sich naturbelassenes Rapsöl in modernen Heizölfeuerungsanlagen nur in Beimischungen von 10 bis 20 % zum Heizöl (extra leicht) verwenden, wobei es sich auch dann um eine Anlage mit Ölvorwärmung und „heißer Brennkammer“ handeln muss.

In Anlagen, die diese Merkmale nicht aufweisen, können bereits bei einem Beimischungsanteil von 5 % Verkokungen an der Düse und der Stauscheibe auftreten. In jüngster Zeit werden von verschiedenen Herstellern auch rapsöltaugliche Ölbrenner für Zentralheizungskessel angeboten. Hierbei handelt es sich entweder um spezielle Brennerbauarten (z. B. Porenbrenner) oder um herkömmliche Heizölbrenner mit mehr oder weniger starken Modifikationen an der Ölzuführung bzw. mit zusätzlichen Komponenten zur Ölaufbereitung.

Im Allgemeinen ist die Verwendung von Pflanzenölen als Ersatz für Heizöl in Ölbrennern nur in wenigen Ausnahmefällen sinnvoll, da hierfür biogene Festbrennstoffe (z. B. Scheitholz, Hackschnitzel) aus Kostengründen und wegen des höheren flächenbezogenen Energieertrags vorrangig einzusetzen sind. Lediglich wenn diese nicht verfügbar sind oder aus Boden- und Gewässerschutzgründen kein Heizöl verwendet werden soll (z. B. für Berghütten) kann ein alleiniger Heizzweck auch mit Pflanzenöl sinnvoll sein.[36]

4.3.2 Pflanzenöl Blockheizkraftwerk (PÖ-BHKW)

Der Einsatz von Pflanzenöl Blockheizkraftwerken (BHKW’s) zur Wärmeversorgung von Gebäuden unterliegt den gleichen Vorgaben wie alle nach Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) vergüteten kraftwärmegekoppelten (KWK) Bioenergieergierzeugungsanlagen. Zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit durch die Stromeinspeisung werden sehr hohe Jahreslaufzeiten angestrebt. Dies bedingt für die Wärmeabnahme eine möglichst über das ganze Jahr gleichmäßig verteilte Wärmeabnahme entsprechender Wärmesenken (Gebäude, Prozesse, etc.)

Für die gekoppelte Strom und Wärmeproduktion sind im Vergleich zu reinen Wärmeerzeugern (Kessel mit Brennern) wesentlich höhere Investitionen zu tätigen. Dabei liegt der Faktor bei 10 und mehr, je nach Art des Wärmeerzeugers (Konventionell mit Gas oder Öl oder auf Basis von Biomassen wie z.B. Holz).

Die erhöhten Investitionskosten können sich schnell in einen Bereich befinden der für kleine und mittlere Anwendungsfälle die Eigeninvestition nahezu ausschließt. So beträgt beispielsweise die durchschnittliche Investition für ein pflanzenölbetriebenes BHKW in der Größenordnung von 100 kW elektrische Leistung (entspricht ca. 120 kW thermischer Leistung) ca.

[36] Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, S. 144

1.640 €/$kW_{el.}$ was eine Investitionssumme von ca. 164.000 € bedeutet.[37] Eine vergleichbare Investition für ein Gas oder Ölbetriebenen Kessel beträgt hingegen nur ca. 12.000- 16.000 €.

Ein weiterer Problempunkt stell die Brennstofflogistik dar. So benötigt das oben erwähnte Beispiel BHKW etwa 28 Liter Pflanzenöl pro Stunde. Bei einer angestrebten Laufzeit von 7.000 bis 8.000 h/a beträgt der Verbrauch an Pflanzenöl etwa 191.000 -219.000 Liter pro Jahr.

4.4 Biogas

Seit Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat die Erzeugung und Nutzung von Biogas insbesondere in der Landwirtschaft erheblich zugenommen. Ausgehend von 850 sich in Betrieb befindlichen Anlagen zum Ende des Jahres 1999 hat sich deren Anzahl bis Mitte 2003 auf über 1.700 Anlagen erhöht. Diese Tendenz wird auch in der installierten elektrischen Leistung deutlich. Die durchschnittlich pro Anlage installierte Leistung betrug Ende 1999 etwa 53 $kW_{el.}$. Dies ergab zum damaligen Zeitpunkt eine Gesamtleistung für alle Anlagen in Deutschland von etwa 45 $MW_{el.}$. Mitte 2003 kann von einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von etwa 110 $kW_{el.}$ und einer daraus resultierenden Gesamtleistung von etwa 350 $MW_{el.}$ ausgegangen werden. Für die neu errichteten Anlagen ergibt sich somit eine mittlere Leistung von etwa 150 $kW_{el.}$ pro Anlage. Basierend auf der geschilderten Ausgangssituation stellen sich Anzahl und Leistung der realisierten Biogasanlagen in Deutschland wie in Abbildung 11 dar.

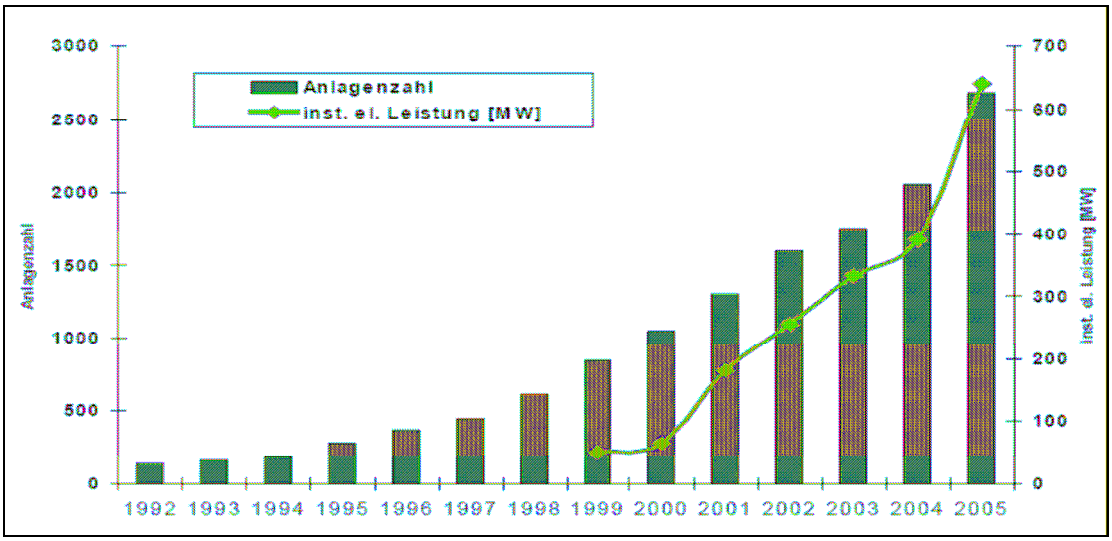

Abb. 10: Entwicklung Anzahl und Leistung von Biogasanlagen in Deutschland

[37] Broschüre „BHKW-Kenndaten 2005“, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE), S. 21

Auf Grund unterschiedlicher Agrarstruktur und daraus resultierender Unterschiede in den Größenklassen der landwirtschaftlichen Betriebe ist die Entwicklung der Anlagenleistung und -zahl in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich. Die meisten Biogasanlagen werden derzeit in Bayern und Baden- Württemberg betrieben. In diesen beiden Bundesländern wurden auch etwa 65 % der seit 1999 in Betrieb genommenen Neuanlagen errichtet. In Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen ist ebenfalls eine überdurchschnittliche Entwicklung im Anlagenbau zu verzeichnen.

Ein Vergleich der elektrisch installierten Leistung pro Bundesland macht deutlich, dass ein Gefälle zum Einen zwischen den neuen und alten Bundesländern, zum Anderen zwischen Nord- und Süddeutschland besteht. In Bayern werden zwar bundesweit die meisten Biogasanlagen betrieben (rund 46%), die durchschnittlich installierte elektrische Leistung ist mit ungefähr 65 kW pro Anlage allerdings gering. In den neuen Bundesländern sind vergleichsweise wenige Biogasanlagen in Betrieb. Die hier durchschnittlich installierte elektrische Leistung liegt jedoch bei ungefähr 350 kW.

Bei einem Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Bundesländer Bayern und Niedersachsen wird der Unterschied zwischen Nord- und Süddeutschland deutlich. Auf Niedersachsen entfallen mit ca. 15% der bundesweit betriebenen Anlagen ungefähr 20% der in Deutschland installierten elektrischen Leistung. In Bayern stellen ca. 46% der bundesweit betriebenen Anlagen jedoch nur einen Anteil von ca. 27% der deutschlandweit installierten elektrischen Leistung.

Die im Wesentlichen im landwirtschaftlichen Sektor bestehenden technischen Potenziale der Biogasgewinnung in Deutschland sind beachtlich und energiewirtschaftlich relevant. Die Potenzialnutzung erfolgt bisher jedoch auf einem nur sehr geringen Niveau. Insbesondere die Nutzung der verfügbaren Wärmeenergie sollte zukünftig weiter vorangetrieben werden, um die Energieressourcen wesentlich besser auszunutzen. Die Wärmeenergie kann erheblich zum wirtschaftlichen Ertrag einer Biogasanlage beitragen, was durch die Darstellung der Potenziale der Wärmebereitstellung verdeutlicht wird.

Die zur Erschließung dieser Potenziale eingesetzte Anlagentechnik hat sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt und ist verlässlicher sowie betriebssicherer geworden. Die meisten Systemkomponenten weisen jedoch noch Verbesserungspotenziale aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht auf. Damit diese in den nächsten Jahren erschlossen werden können, dürften sich modulare, standardisierte Systeme weiter durchsetzen.

Ungeachtet der mittelfristig noch zu lösenden Probleme stellt die Gewinnung und Nutzung von Biogas schon jetzt eine ausgereifte und marktgängige Technologie dar. Sie ist als eine viel versprechende Option zur Nutzung regenerativer Energien anzusehen, die in den nächsten Jahren verstärkt zu einer nachhaltigen Energiebereitstellung sowie zur Senkung der Emission von Treibhausgasen wird beitragen können.

4.5 Heizöl

Dieses Szenario wird als Referenzszenario angenommen um eine konservative Energieversorgung mit Heizöl aufzuzeigen. Es wird auf Heizöl zurückgegriffen, da dies auch den derzeitigen Energieträger des Hofgute Neumühle darstellt. Ein Anschluss an das Erdgasnetz ist derzeit nicht absehbar.

4.6 Pflanzenöl BHKW mit Holzpellets (Grundlast)

Dieses Szenario wurde nach einer ersten Berechnung der anderen Varianten hinzugefügt. Es stellt eine Kombination aus rein erneuerbaren Energieträgern dar, mit einem Pflanzenöl-BHKW als Grundlast Energieerzeuger und einem Holzpelletkessel als Spitzenlastversorger. Diese Variante ist insofern ungewöhnlich, da Holzpellets eigentlich in die Kategorie der Grundlastversorger einzuordnen sind, sich aber mit Hilfe ausreichender Pufferspeicher sowie spezieller Regelungstechnik auch für die Grundlastversorgung eignen.

5 Sonnenenergie

Für die Nutzung von Solarenergie sind zunächst einige Grundlagen wichtig. So sind beispielsweise die Ausrichtung des Gebäudes sowie die Dachgeometrie von entscheidender Bedeutung. Optimal ist eine Südausrichtung und eine Dachneigung von 30-45°.

Ebenfalls wichtig bei der solarthermischen Nutzung der Sonnenenergie ist die räumliche Einbindung der Solaranlage in das Gesamtsystem. So sind kurze Leitungswege zwischen Kollektor und Speicher bzw. Verbraucher nötig.

- Die Ausrichtung der Gebäude wurde anhand einer Luftbildaufnahme und einer Überprüfung vor Ort bestimmt. Dabei haben sich folgende Ergebnisse gezeigt:

Gebäude	Ausrichtung	Eignung
1. Hauptgebäude	Nord-Nordost / Süd-Südwest	bedingt
2. Altes Internat	West / Ost bzw. West-Nordwest / Ost-Südost	ideal
3. Übernachtungshaus	Nord / Süd	bedingt

Tab. 5: Gebäudeausrichtung und -eignung für Solarenergienutzung

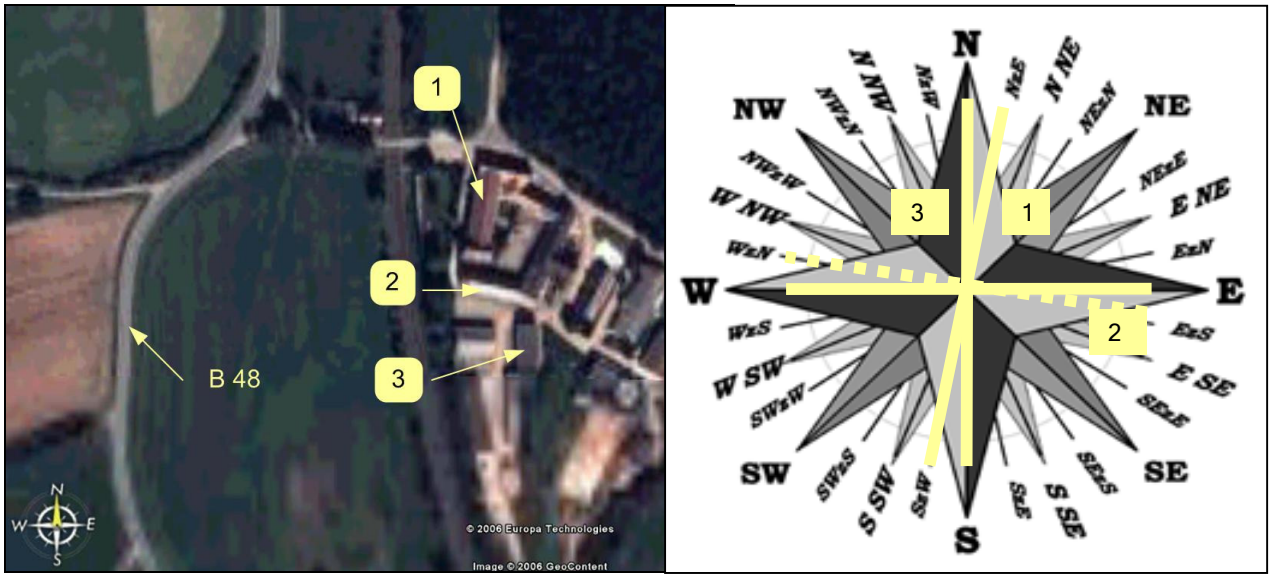

Abb. 11: Ausrichtung der betrachteten Gebäude [38]

[38] Quelle: Google Earth

- Die Dachneigung des für eine Solarenergienutzung in betracht kommenden Gebäudes (Altes Internat) beträgt ca. 40° und ist damit nahezu ideal. Die mögliche Fläche (Brutto) beträgt etwa 200 m^2 (33 m x 5 m und 35 m x 5 m). Daraus resultieren etwa 90 - 100 m^2 Nutzfläche für die Installation von Solaranlagen.
- Bei Installation einer Solarthermischen Anlage ist ein wichtiger Faktor die hydraulische Integration des Solarkollektors an das Heizungs- bzw. Warmwassersystem des entsprechenden Gebäudes. So kann die Solaranlage nur über einen Speicher in das System eingebunden werden, dieser kann aber aus hydraulischen Gründen nicht im Alten Internat installiert werden.

Daraus ergeben sich folgende zwei Lösungsansätze für die Anbringung einer Solarthermischen Anlage:

- Variante 1

  Errichtung einer Solaranlage **auf dem Übernachtungshaus nur zur Brauchwasserversorgung des Übernachtungshauses**. Dabei muss der schlechteren Gebäudeausrichtung durch verbesserte Kollektoren (Röhrenkollektoren) und eine angepasste Ausrichtung Rechnung getragen werden. Diese erhöht die Investitionskosten.

  - Vorteil: - Pilotwirkung durch Anbringung einer Solaranlage zur Brauchwassererwärmung mit Röhrenkollektoren
    - Einsparung von fossiler Energie => Heizkostenersparnis
  - Nachteil: - Höhere Investition als bei Flachkollektoren
    - Nur Versorgung des Übernachtungshauses mit Warmwasser

- Variante 2

  Errichtung einer Solaranlage **auf dem Dach des alten Internats zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung**. Dabei muss eine neue Leitung zwischen dem alten Internat (Standort des Solarkollektors) und dem Hauptgebäude (Standort der Heizzentrale) verlegt werden.

  - Vorteil: - Pilotwirkung durch Anbringung einer Solaranlage zur Brauchwassererwärmung und zur Heizungsunterstützung
    - Einsparung von zusätzlicher fossiler Energie, da die Heizanlage im Sommer komplett außer Betrieb sein kann => Heizkostenersparnis

- Nachteil: - Höhere Investition als bei Versorgung mit Brauchwasser durch größere Anlage und neue Wärmeleitung

5.1 Solarthermische Anlagen

Solaranlagen zur Wärmerzeugung, spielen eine große Rolle im Bereich der Energiegewinnung durch Sonnenenergie. Immerhin können durch Sonnenkollektoren jährlich zwischen 400 und 800 kWh Wärme pro m^2 Kollektorfläche gewonnen werden. Diese Energie lässt sich zur Unterstützung der Wärmeversorgung und der Brauchwassererwärmung in Gebäuden einsetzen und spielt somit eine wichtige Rolle für Hausbesitzer. Gerade im Neubaubereich sind die möglichen Einsparungen hoch, da der Warmwasseranteil am Gesamtenergieverbrauch höher ist.

Ein Hauseigentümer kann mit wenigen Quadratmetern Solarkollektoren erhebliche Einsparungen in seinem Energiebedarf erzielen. Bei einer sorgfältig dimensionierten Anlage können Sonnenkollektoren im Winter eine gute Unterstützung zur konventionellen Heizung sein und in den Sommermonaten die Erwärmung des Trinkwassers ohne zusätzlichen Heizungsbetrieb übernehmen.

5.1.1 Komponenten solarthermischer Anlagen

Wichtigster Bestandteil einer solarthermischen Anlage ist der Kollektor, da hier die Einstrahlung der Sonne aufgenommen wird. Die verschiedenen Arten von Kollektoren sind mit entsprechenden Vor- und Nachteilen behaftet. Neben den Kollektoren ist der Speicher von großer Wichtigkeit, da hier die nicht benötigte Wärme gespeichert wird und somit gewährleistet, dass auch an sonnenarmen Tagen oder bei Nacht Wärme genutzt werden kann.

Neben diesen Hauptbestandteilen besteht eine solarthermische Anlage aus Komponenten des Solarkreises, welcher die verschiedenen Rohrleitungen und den so genannten Wärmetauscher umfasst, den Regelinstrumenten, einem Temperaturfühler und dem Überhitzungsschutz.

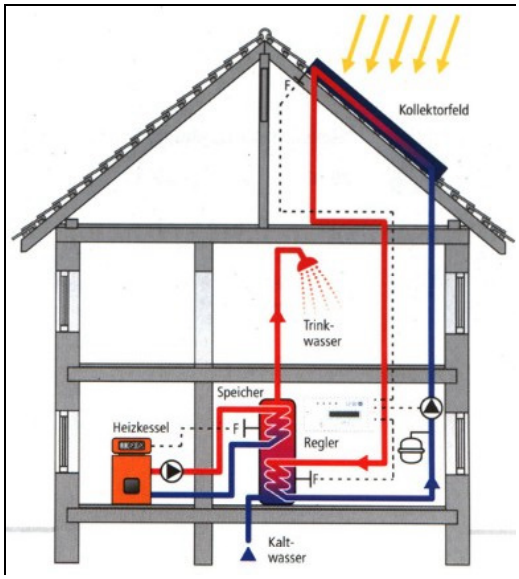

Abb. 12: Schema einer Solaranlage zur Wärmeerzeugung[39]

5.1.1.1 Kollektoren

- **Flachkollektoren**

  Solaranlagen mit Flachkollektoren sind mit 70% Marktanteil die gängigsten Anlagentypen am Markt. Hier liegt in einem Gehäuse aus Aluminium, Kunststoff oder Stahl die so genannte Absorberplatte. Der Absorber aus Kupfer und Aluminium ist Hauptbestandteil des Kollektors. Diese Absorber werden durch die einfallende Sonne erwärmt. Um zu verhindern, dass diese Wärme schnell wieder verloren geht, sind die Absorber mit einer selektiven Beschichtung versehen. In oder auf dieser Absorberplatte befindet sich ein Kupferrohr, welches mit einer Trägerflüssigkeit durchflossen wird. Diese Trägerflüssigkeit nimmt über das Kupferrohr die Wärme der Absorberplatte auf. Die erwärmte Trägerflüssigkeit wird dann über die Rohrleitungen an den Speicher im Gebäude transportiert und von hier aus zur Wassererwärmung oder Heizungsunterstützung weiterverwendet.

  Das Gehäuse der Flachkollektoren besteht aus einem Spezialglas mit hoher Lichtdurchlässigkeit. Auf der Rückseite sind Dämmplatten angebracht, die zusätzlich Wärmeverluste verhindern sollen.

  Vorteile der Flachkollektoren sind ihr einfacher Aufbau, ihre geringe Anfälligkeit gegen Störungen und somit die lange Lebensdauer der Anlagen.

[39] Quelle: www.veh-solar.de

Die Technologie der Flachkollektoren wurde in den vergangenen Jahren zunehmend optimiert. Dennoch weist ein Flachkollektor höhere thermische Verluste auf als ein Röhrenkollektor. Dies ist dadurch bedingt, dass keine optimale Dämmung des Kollektors möglich ist und somit im Winter ein hohes Temperaturgefälle zwischen der Temperatur im Kollektor und der Außentemperatur besteht. Hierdurch gibt der Kollektor mehr Wärme an seine Umgebung ab und der Wirkungsgrad der Anlage sinkt.

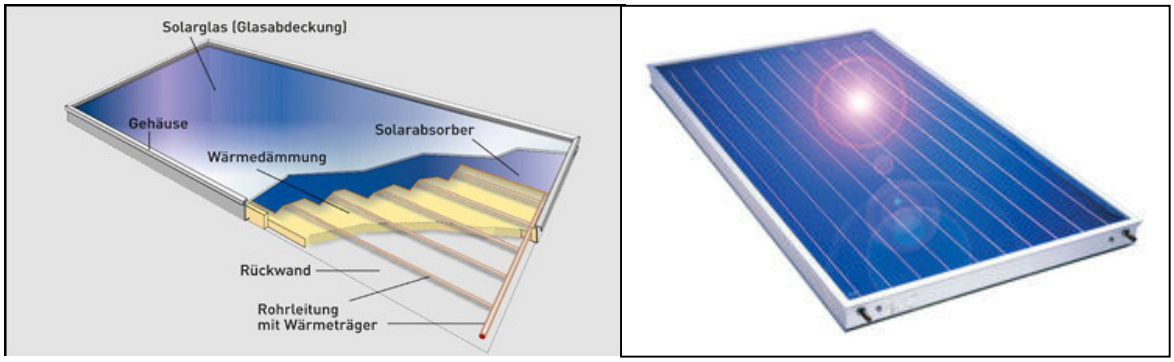

Abb. 13: Beispiel eines Flachkollektors[40]

Der Ertrag einer Solaranlage mit Flachkollektoren liegt bei 450 – 550 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche jährlich. Dem gegenüber stehen Kosten von 750 – 900 € pro m^2 Flachkollektorfläche.

- **Vakuumkollektoren**

  Eine weitere Form der Sonnekollektoren sind die so genannten Vakuum - Röhrenkollektoren. Diese bestehen aus mehreren nebeneinander angeordneten Glaszylindern. In jedem dieser Zylinder befindet sich ein kleiner Absorber, durch den die Wärme aufgenommen wird. Die Glaszylinder werden, wie der Name schon sagt, evakuiert, wodurch Wärmeverluste stark reduziert werden können.

  Die einzelnen Glaszylinder sind durch einen Verteiler- oder Sammelkasten miteinander verbunden, von wo aus die erzeugte Wärme weitergeleitet wird. Es gibt zwei verschiedene Formen der Vakuum - Röhrenkollektoren. Die direkt durchströmten Anlagen und so genannte Heatpipe - Vakuum - Röhrenkollektoren.

  Bei einer direkt durchströmten Anlage wird die Trägerflüssigkeit, wie bei einem Flachkollektor durch ein am Absorber angebrachtes Rohr geleitet. Bei Heatpipe – Vakuumröhrenkollektoren sind unter dem Absorberblech ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Verdampfungsrohr (Heatpipe) angebracht.

[40] Quelle: www.solarwaerme-plus.info und www.solarbusiness.de

Bei Sonneneinstrahlung verdampft die Flüssigkeit und die dabei entstehende Wärme und wird am oberen Ende der Röhre über einen Wärmetauscher an die Wärmeträgerflüssigkeit abgeben.

Vorteil der Vakuumröhrenkollektoren sind, wie schon erwähnt, die geringen thermischen Verluste. Der Kollektor hat somit einen höheren Wirkungsgrad wodurch bei gleichem Energieertrag eine geringere Kollektorfläche benötigt wird. Bezogen auf die Absorberfläche ist ein um 30% höherer Solarenergieertrag zu erwarten. Die Kosten für Vakuum – Röhrenkollektoren liegen jedoch im Schnitt um 10 – 30% höher als die für Flachkollektoren.

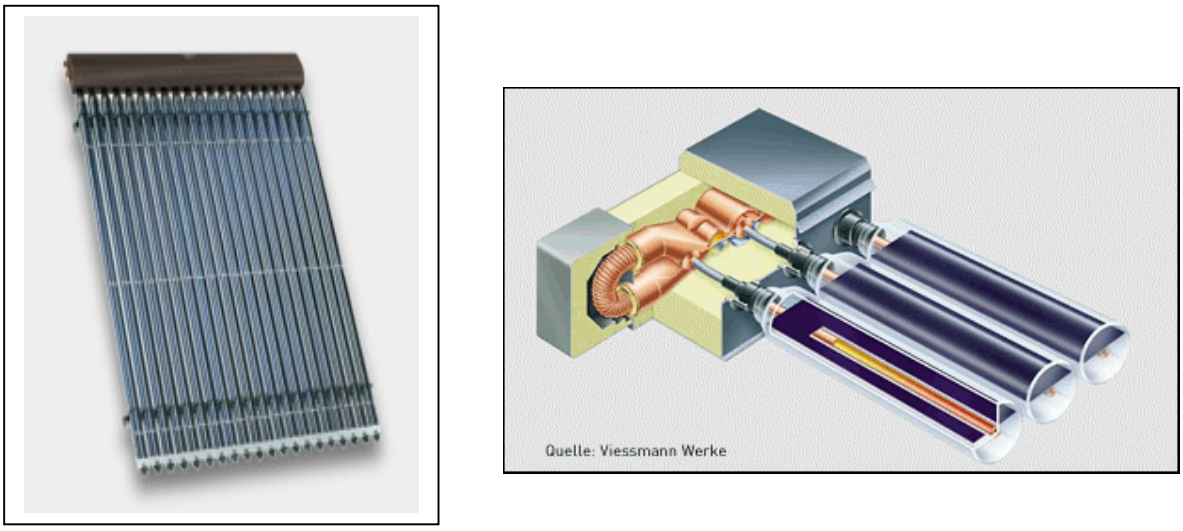

Abb. 14: Beispiel eines Vakuum- Röhrenkollektors[41]

Ein weiterer Vorteil der Vakuum – Röhrenkollektoren ist der, dass man die einzelnen Absorber in ihrer Richtung leicht variieren kann. Kleinere Abweichungen des Daches nach Osten oder Westen können somit ausgeglichen und der Ertrag erhöht werden.

Nachteilig ist neben den erhöhten Kosten für Vakuum – Röhrenkollektoren, dass sich diese nicht für die Inndachmontage eignen und eine Horizontalmontage bei Heatpipe-Vakuumröhrenkollektoren nicht möglich ist.

Schwachstelle von Kollektoren ist die Haltbarkeit des Vakuums. Zudem sollte aufgrund der entstehenden hohen Temperaturen darauf geachtet werden, dass zum Schutz gegen Überhitzung in der Röhre ein Thermoventil vorhanden ist.

[41] Quelle: www.viessmann.de

5.1.1.2 Wärmespeicher

Der Wärmespeicher ist neben den Kollektoren einer der wesentlichsten Bestandteile einer solarthermischen Anlage. Ein richtig dimensionierter Speicher ist für den Energieertrag der Anlage von großer Bedeutung, da nur so auch bei fehlender Sonneneinstrahlung die benötigte Wärme zur Verfügung steht. Auch für die Speicherung der erzeugten Wärme gibt es unterschiedliche Möglichkeiten.

Für Anlagen, die nur zur Erwärmung von Trinkwasser genutzt werden, gibt es einen einfach solaren Brauchwasserspeicher. Hier wird das Trinkwasser in den unteren Teil des Speichers eingeführt und dort mit Hilfe der Sonnenenergie erwärmt. Im oberen Teil des Speichers wird das Wasser entnommen. Fall dies nicht ausreichend warm ist, kann es dort über eine Nachheizung weiter erwärmt werden.

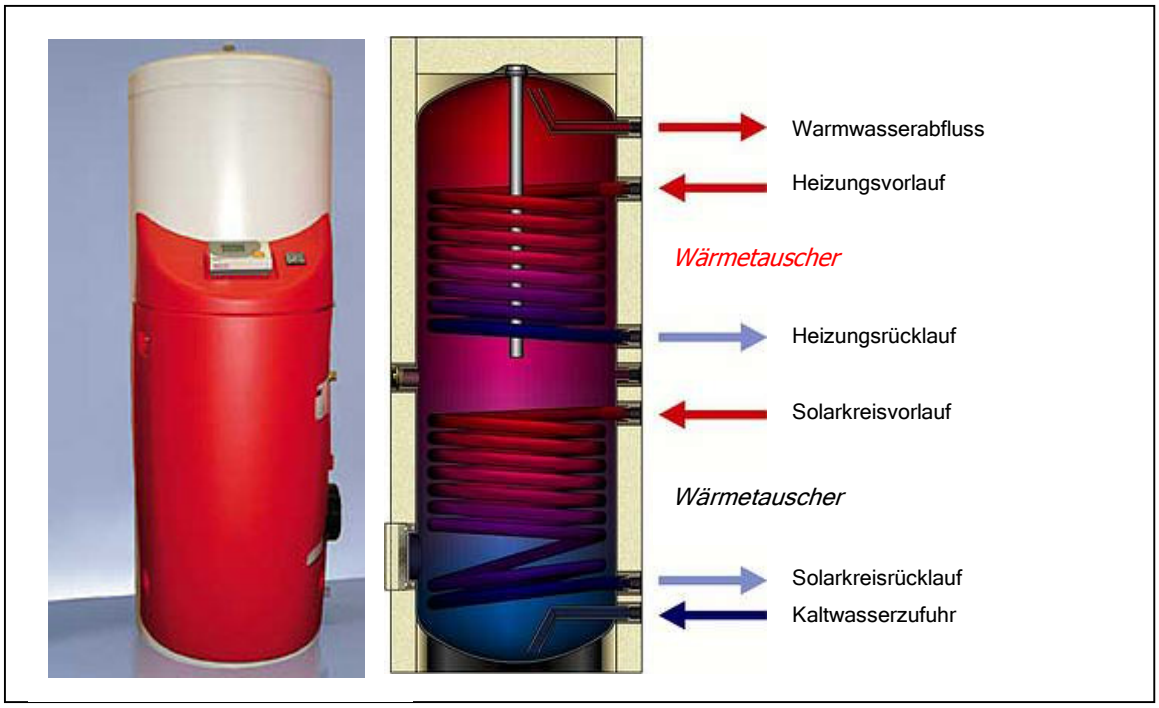

Abb. 15: Beispielhafter Aufbau eines solarunterstützen Trinkwasserspeichers

Wichtig bei der Planung einer solarthermischen Anlage ist neben der Prüfung des Gebäudes auf Eignung (Ausrichtung, Dachneigung, Dachlast) zum Einbau einer solarthermischen Anlage auch die Einbindung der Anlage in das Gesamtkonzept. Dabei muss beachtet werden, dass die Solaranlage mit möglichst kurzen Leitungslängen eingebunden werden kann.

5.1.2 Anlagendimensionierung

Für eine eventuell in Betracht kommende Warmwasserversorgung durch eine Solarthermische Anlage ist der Warmwasserverbrauch in den Sommermonaten (Schwachlastperiode) ausschlaggebend. Laut Aussage von Herr Mayer [42] ist dies auch die Zeit mit der niedrigsten Belegungsdichte, da im Sommer erhöhter Arbeitskräftebedarf in den landwirtschaftlichen Betrieben der Lehrgangsteilnehmer besteht.

Aus den von der Verwaltung der Neumühle gelieferten Daten konnten nachfolgende Belegungszahlen für die Jahre 2004 und 2005 ermittelt werde.

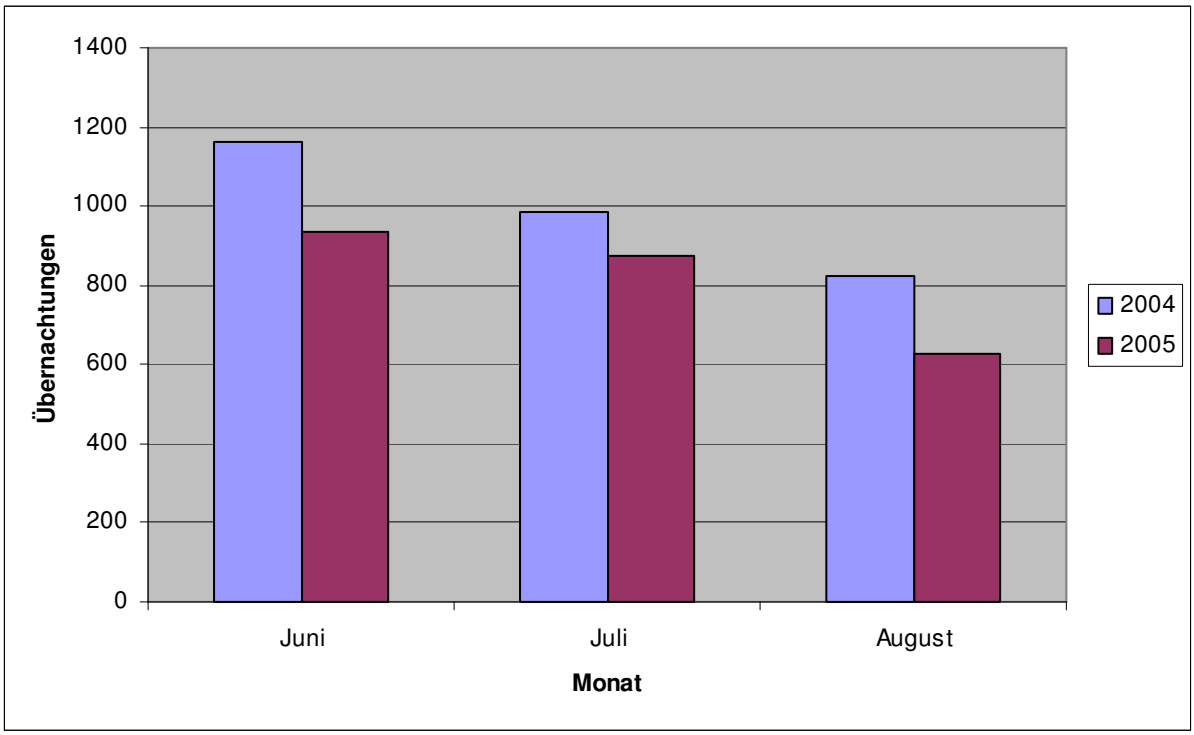

Abb. 16: Monatliche Anzahl der Übernachtungen (Belegungszahlen)

Da für die Auslegung einer Brauchwassererwärmung die tägliche Belegungszahl ausschlaggebend ist wurden die vorhandenen Daten auf einen täglichen Verbrauch umgerechnet.

	2004	2005	Durchschnitt im Monat	Durchschnitt am Tag (Monat)	Tagesdurchschnitt
Juni	1.163	934	1.049	48,9	
Juli	987	874	931	42,0	41,2
August	822	628	725	32,7	

Tab. 6: Anzahl der Übernachtungen mit Monats- und Tagesmittel

[42] Persönliche Mitteilung Herr Mayer (Bezirksverband Pfalz) am 08.03.2006

Dabei ist zu beachten, dass die Belegungsdichte von 2004 auf 2005 doch erheblich abgenommen hat. Betrachtet man beispielsweise den Tagesdurchschnittswert der beiden Jahre 2004 und 2005 (nachfolgende Tabelle) so fällt auf das der Mittelwert der drei Monate Juni-August von ca. 45 auf ca. 37 Belegungen pro Tag gefallen ist.

	Tagesdurch-schnitt 2004	Tagesdurch-schnitt 2005
Juni	54,3	43,6
Juli	44,6	39,5
August	37,1	28,4
Mittelwert	45,3	37,1

Tab. 7: Tägliche Übernachtungen im Monatsdurchschnitt

Für weitere Dimensionierung wird von einer minimalen durchschnittlichen Belegungsanzahl von 40 Übernachtungen pro Wochentag ausgegangen. Damit ist ein Großteil der tatsächlichen Übernachtungen abgedeckt und der fallenden Übernachtungszahlentendenz Rechnung getragen.

Für die Dimensionierung ist neben der Anzahl der Übernachtungen auch die täglich benötigte Wassermenge ausschlaggebend. Kennzahlen für die zu veranschlagende Wassermenge sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Spezifischer täglicher Warmwasseverbrauch [Liter / Person]	Krankenhaus	Senioren-wohnheim	Studenten-wohnheim	Ferienheim	Wohn-gebäude
	30-35	30-35	20-25	20-30	20-25

Tab. 8: Spezifischer täglicher Warmwasserverbrauch von Objekten[43]

5.1.2.1 Variante a (Brauchwassererwärmung)

Versorgung des Übernachtungshauses mit einer Solarthermischen Anlage, die durch Röhrenkollektoren mit nach Süden gerichteten Absorber der schlechteren Gebäudeausrichtung (West) angepasst ist.

[43] BINE Informationsdienst, Broschüre: Große Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung, S. 4 ff.

Bei dieser Variante wird ein Warmwasserverbrauch von 25 Liter pro Person und Tag bei einer max. Belegung im Übernachtungshaus von 27 Personen (siehe Kapitel 2.3) angenommen. Bei einer Dimensionierungsgrundlage von 82 Liter Warmwasserbedarf pro m^2 ergibt sich die nötige **Kollektorfläche mit ca. 8,25 m^2** (Röhrenkollektor). Diese Fläche steht auf dem Dach des Übernachtungshauses zur Verfügung (Westausrichtung)

Problematisch stellt sich allerdings die Tatsache dar, dass am Wochenende kein oder fast kein Warmwasserbedarf vorliegt. Dies muss bei der Speicherdimensionierung (siehe Kapitel 5.1.3) berücksichtigt werden.

5.1.2.2 Variante b (kombinierten Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung)

Bei dieser Variante soll eine Solarthermische Anlage auf dem Dach des alten Internats angebracht werden. Diese wird über ein neu zu errichtende Wärmeleitung mit der Heizzentrale und dem dort zu installierenden Wärmespeicher verbunden.

Als Kalkulationswert für den Warmwasserverbrauch wird ein Wert von 30 Liter pro Person angesetzt dabei wird im Gegensatz zu Variante a noch zusätzlich der Küchenverbrauch berücksichtigt (+5 Liter). Es wird von einer minimalen Belegungszahl in allen Häusern von 40 Übernachtungen (Kapitel 5.1.2) ausgegangen.

Bei einer Dimensionierungsgrundlage von 70 Liter Warmwasserbedarf pro m^2 Kollektorfläche ergibt sich die nötige **Kollektorfläche mit 17,2 m^2** (Flachkollektor). Hinzu kommt noch eine weitere Fläche die zur Heizungsunterstützung benötigt wird (ca. 80 - 85 m^2).

Bei einer detaillierten Auslegung muss auch die Prüfung der vorhandenen Dachlast bzw. die Prüfung der Dachkonstruktion beachtet werden. Bei Dächern die älter als 40 Jahre sind stellt sich generell die Frage nach einer Sanierung, auch in Hinblick auf den vorhandenen Dämmstandard.

5.1.3 Speicherdimensionierung

Die Speicherdimensionierung hängt im Wesentlichen von der Größe des Kollektorfeldes ab. Außerdem ist das Warmwasserprofil pro Tag und über die Woche maßgeblich. Je höher der Energiebedarf in den Sommermonaten und je gleichmäßiger der Bedarf über die Woche, desto kleiner kann der Speicher ausgelegt werden (Dimensionierung mit 50 l/m² Kollektorfläche).

Für den Speicher der Neumühle ist allerdings eine Auslegung mit ca. 70 l/m² Kollektorfläche nötig (schlechte Auslastung an Wochenenden), dies bedeutet eine Mindestgröße, je nach

Variante von **580 Liter** (Variante a) bis **1.200 Liter** (Variante b , ohne Heizungsspeicher der je nach gewähltem Grundlastversorger ggf. zusätzlich erforderlich ist).

5.2 Photovoltaikanlagen

Durch die Kraft der Sonne trifft jährlich eine Menge an solarer Energie auf der Fläche der Bundesrepublik auf, die den Verbrauch der Menschen um das 80-fache übersteigt. Die Sonne bietet uns also enorme Potenziale, die wir nicht ungenutzt lassen dürfen.

Photovoltaik (PV) ist eine Form der aktiven Sonnenenergienutzung, bei der mit Hilfe von Solarzellen Solarstrahlung in Strom umgewandelt wird.

Es gibt dabei zwei verschiedene Arten von Photovoltaikanlagen: netzgekoppelte und netzunabhängige Anlagen:

- Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen können auf und an Häusern oder auf freien Flächen installiert werden. Die Anlage liefert bei Sonneneinstrahlung Strom, der in das öffentliche Stromnetz vor Ort eingespeist wird. Jede eingespeiste Kilowattstunde Strom wird von dem jeweiligen Netzbetreiber nach den Vorschriften des Gesetzes für Erneuerbare Energien (EEG) vergütet. Eine direkte Nutzung für Haushaltsgeräte ist prinzipiell auch möglich, aber im Rahmen der Einspeisevergütung für photovoltaisch erzeugten Strom unwirtschaftlich.
- Netzunabhängige Anlagen, auch Inselanlagen genannt, werden als Lösung für Anlagen ohne Zugang zum öffentlichen Netz eingesetzt.

Beide Photovoltaiksysteme haben einen ähnlichen Aufbau. Netzgekoppelte Systeme bestehen in den Hauptkomponenten aus den sichtbaren Solarmodulen, den so genannten Wechselrichtern, der entsprechenden Verkabelung, den Überwachungsgeräten und dem Einspeisezähler.

Die Abbildung stellt grob die Funktionsweise einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage dar. Der durch die Solarmodule erzeugte Gleichstrom wird über die Gleichstromverkabelung vom Dach zum Wechselrichter geführt, wo der Strom in Wechselstrom umgewandelt wird. Erst so ist die Einspeisung in das öffentliche Wechselstromnetz möglich. Um die Menge des erzeugten Stroms und somit die Höhe der Einspeisevergütung berechnen zu können, ist nach dem Wechselrichter ein Einspeisezähler installiert, von wo aus eine Verbindung zum öffentlichen Stromnetz besteht. Der Anlagenbesitzer bezieht seinen Strom demnach weiterhin völlig unabhängig von dem durch die Photovoltaikanlage erzeugten Strom.

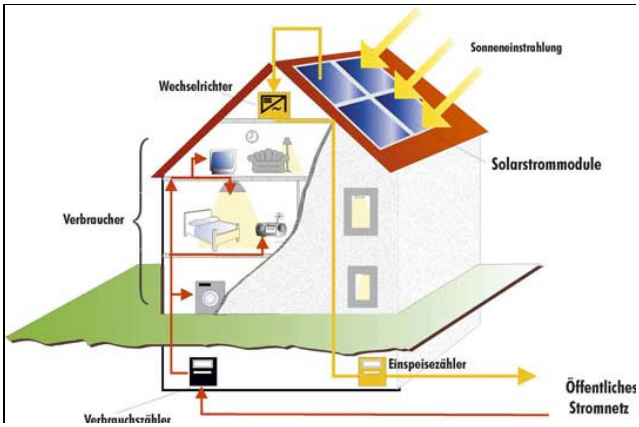

Abb. 17: Aufbau einer Photovoltaikanlage[44]

Bei Inselanlagen wird der gewonnene Strom statt der Einspeisung in das öffentliche Netz beispielsweise durch eine Batterie gespeichert.

5.2.1 Die Erzeugung von Strom aus Sonnenenergie

Das Leistungsspektrum photovoltaischer Energieversorgungssysteme reicht von einigen Milliwatt (mW) bis hin zu mehreren Megawatt (MW). Angegeben wird beim Verkauf oder bei der Installation einer Anlage immer die maximal mögliche Leistung in Wattpeak (Wp). Je nach Art der Solarmodule werden für eine auf einem Schrägdach installierte Anlage mit einem Kilowattpeak (kWp) Leistung ca. 8-10 m^2 Fläche benötigt. Eine Anlage, die auf einem Flachdach oder einer Freifläche installiert wird, benötigt etwa 20-25 m^2 pro kWp. Dies liegt darin begründet, dass die Anlagen in benötigter Winkelung und Ausrichtung installiert werden. Zwischen den einzelnen Modulreihen muss dann ein ausreichender Abstand eingehalten werden, damit diese sich nicht gegenseitig verschatten.

5.2.2 Wichtige Punkte bei der Installation einer Photovoltaikanlage

Der Jahresertrag einer Anlage in kWh/kWp hängt vor allem vom Standort der Anlage ab. Optimal ist die Anbringung einer Photovoltaikanlage auf einer südorientierten, 30° geneigten Fläche. Bei einer gewissen Neigungs- oder Ost/Westabweichung lässt sich jedoch noch immer eine gute Leistung erzielen. Neben der Ausrichtung der Anlage ist wichtig, dass diese

[44] Quelle: www.oekotec-online.de

nicht durch Objekte in der Umgebung verschattet oder durch Verschmutzungen beeinträchtigt wird. Dies würde zu erheblichen Leistungseinbußen führen.

Damit sich eine Photovoltaikanlage im Laufe der Jahre finanziell rechnet, müssen entsprechende Einnahmen erwirtschaftet werden. Diese entstehen bei einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage durch die oben genannte Einspeisevergütung durch das EEG. Der Anlagenbetreiber erhält für jede eingespeiste Kilowattstunde Strom 51,80 Euro Cent.

5.2.3 Photovoltaik – Entwicklung des Marktes

Das Erneuerbare Energien Gesetz sieht vor, dass die Einspeisevergütung für neu installierte Anlagen an oder auf Gebäuden in jedem Jahr um 5%, bei Freiflächenanlagen sogar um 6% sinkt. Dies wurde vor dem Hintergrund beschlossen, dass zunächst davon ausgegangen werden konnte, dass die Anlagenpreise in den folgenden Jahren ebenfalls um 5% sinken würden.

Durch die nun schon seit einiger Zeit andauernde Siliziumknappheit übersteigt jedoch häufig die Nachfrage nach Modulen deren Angebot. Besonders aus diesem Grund sind die Anlagenpreise entgegen der Erwartungen nicht gefallen, was den wirtschaftlichen Betrieb von Photovoltaikanlagen seit diesem Jahr schwieriger macht. Dies heißt nicht, dass es sich nicht mehr lohnt in diese Form der erneuerbaren Energien zu investieren. Potentielle Interessenten sollten sich jedoch vor der Installation einer Anlage gut informieren, eine detaillierte wirtschaftliche Betrachtung durchführen und Vergleichsangebote von verschiedenen Herstellern einholen.

5.2.4 Photovoltaik Neumühle

Für die Installation einer Photovoltaikanlage eignet sich lediglich das Dach des „Alten Internats“. Bei einer Dachfläche von 200 m^2 könnten nach Abzug eines Sicherheitsabstandes zum Rand und der verschatteten Fläche ca. 90-100 m^2 für den Bau einer Photovoltaikanlage genutzt werden.

Problematisch ist hierbei das Alter der Dacheindeckung. Vor der Installation einer Photovoltaikanlage muss gewährleistet sein, dass die bestehende Dacheindeckung während der 30 Jahre Lebenszeit einer PV – Anlage nach Möglichkeit nicht sanierungsbedürftig wird. Ein Abbau und die erneute Installation einer bestehenden Anlage würde zusätzliche Kosten verursachen und zu Lasten der Wirtschaftlichkeit der Anlage gehen. In Bezug auf die Dacheindeckung des alten Internats kann davon ausgegangen werden, dass vor dem Bau einer Photovoltaikanlage eine Dachsanierung notwendig ist.

Nach einer Dachsanierung ist die Installation einer Anlage mit einer Leistung von ca. 10 kWp möglich. Für den Standort der Anlage ist ein spezifischer Jahresertrag von ca. 876 kWh/kWp zu erwarten.

Die wirtschaftliche Betrachtung hat ergeben, dass sich die Anlage unter den gegebenen Voraussetzungen wirtschaftlich rechnet. In der wirtschaftlichen Berechnung wird von einem Installationspreis von 4.800 €/kWp ausgegangen. Hieraus ergibt sich eine Investitionssumme von ca. 48.000 €. Für die Finanzierung der Anlage wird ein Tilgungsdarlehn mit einem Zinssatz von 3,75 % in Anspruch genommen. Eine Liquiditätsreserve von 1.200 € wird durch Eigenkapital finanziert.

Im Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtung ist nach 20 Jahren ein kumulierter Gewinn von ca. 7.300 € bei einem internen Zinsfuss von 10,7 % zu erwarten.

6 Schlussfolgerungen für die Anlagenauslegung

Die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Grundlagen der entsprechenden Energieträger werden in diesem Kapitel auf die Umwandlungstechniken angewendet. Es ist zu beachten, dass die in Kapitel 3.2.1 erwähnte optimale Verteilung von Grund- zu Spitzenlastversorgung von 50 / 50 nicht immer Anwendung findet. Dies ist von der entsprechenden Umwandlungstechniken abhängig und beispielsweise bei Einsatz eines (Biomasse) BHKW abweichend.

Dabei spielen weiterhin die Brennstoffbeschaffungskosten eine ausschlaggebende Rolle. Nicht alle Preise konnten vom Ifas dargestellt werden und so wurden teilweise Schätzungen die auf Erfahrungswerten aus der Region beruhen angewendet.

Um eine Investitionskosten- und Betriebskostenabschätzung vorzunehmen, wurden die vordimensionierten Anlagendaten mit konkreten Anlagen von bestimmten Herstellern hinterlegt. Dabei zeigte sich das die Varianten, die mit fester Biomasse als Brennstoff konzipiert sind, alle der Problematik des Kesseleinbaus unterliegen, d.h. höchstwahrscheinlich bei allen Kesseln (Holzhackschnitzel, Pellet und Energiekorn) eine Erweiterung des Treppenabganges bzw. des Lichtschachtes zum Heizraum hin notwendig ist. Weiterhin zeigen diese Varianten teilweise sehr aufwendige Brennstoffbunkerlösungen (Holzhackschnitzel), die sogar den Bau einer neuen, gesonderten Heizzentrale (etwa in einem der Nebengebäude) wirtschaftlich machen können.

Zusätzlich muss **bei nahezu allen** Varianten ein weiterer Kaminzug angebracht werden, also sowohl bei den Kesseln mit fester Biomasse als auch bei dem Pflanzenöl BHKW. Einzige Variante die mit den derzeitigen Kaminen betrieben werden kann ist der Pflanzenölkessel in Kombination mit einem Heizölspitzenlastkessel.

6.1 Holzhackschnitzel

6.1.1 Heizanlage

Für die Variante mit der Holzhackschnitzelheizanlage mit dem Brennstoff Holzhackschnitzel ergeben sich folgende Anlagendaten:

Holzhackschnitzel				
	Grundlastkessel		Spitzenkessel	
Typ	Binder RRK 130-250		Logano GE 315-200	
Leistung	185	kW	200	kW
Gesamtleistung	385			kW
Leistungsanteil	48,1	%	51,9	%
Brennstoff	Holzhackschnitzel (max.GG100)		Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	160,3	t/a	13.070	l/a
	697,1	srm/a		
Lagerzeit	10 Tage (Volllast)		1 Jahr	
Lagergröße	59,2	srm	13.070	l

Tab. 9: Daten Heizzentrale mit Hackschnitzel

Dabei zeichnet sich der gewählte Binder-Kessel durch besonders unkomplizierte Betriebsweise in Bezug auf Wassergehalt (bis 50%) und Brennstoffgröße (GG 100) aus.

Die genauen Abmaße des Kessels bzw. die Einbaueignung im Fall der Neumühle muss noch geprüft werden. Binder gibt einen Platzbedarf von ca. 4 m^2 bei 2 m Höhe an. Hier stellt sich das Problem der Einbringung des Kessels in den Heizraum. Die bestehende Treppe bzw. der Lichtschacht haben eine Breite von ca. 0,9 Metern. Dies ist auf keinen Fall ausreichend für den Kessel. Dies bedeutet der Treppenabgang bzw. der Lichtschacht müssten auf mindestens 1,5 Meter verbreitert werden.

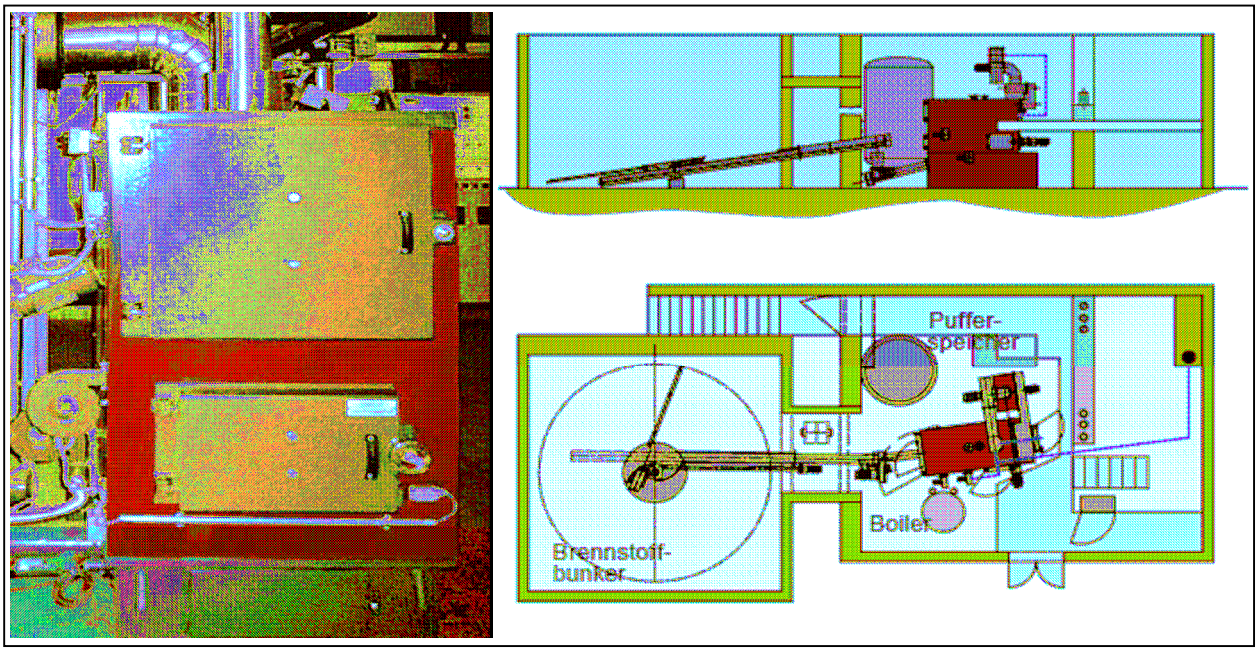

Abb. 18: Binderkessel RRK 130-250 und mögliches Aufstellungsbeispiel [45]

[45] Quelle: www.binder-gmbh.at

Ein weiter Problempunkt ist der Abgaskamin. Ein Holzkessel benötigt etwa die doppelte Dimension eines herkömmlichen gas- oder ölbefeuerten Kessels. Zusätzlich muss der Holzkessel an einen eigenen Kamin angeschlossen sein, d.h. er darf nicht mit einem gas- oder ölbefeuertem Kessel zusammen angeschlossen werden. Für die Neumühle bedeutet dies die zusätzliche Anbringung eines Kamins außerhalb des Gebäudes. Das wiederum ist mit zusätzlichen Kosten verbunden.

6.1.2 Brennstofflager

Normalerweise wird ein Brennstofflager für Holzhackschnitzel für einen Volllastbetrieb von 10 Tagen ausgelegt. Dabei ergibt sich ein Platzbedarf von ca. 60 srm bzw. einer Raumgröße von ca. 5 x 5 Meter (min. 2,5 Meter Höhe). Für die Neumühle kann man aber einerseits davon ausgehen, dass eine Arbeitskraft zur Befüllung des Brennstoffbunkers zeitweise zur Verfügung steht und so nur eine maximale Zeit von 4 Tagen (Wochenende plus Feiertage) überbrückt werden muss und andererseits, dass auf dem Gelände ein überdachter Platz zur Zwischenlagerung der Hackschnitzel leicht zur Verfügung gestellt werden kann. Dadurch ließe sich die Bunkergröße auf 25 srm verringern.

Um die optimale Lösungsvariante zu definieren, sind im nachfolgenden 3 Varianten miteinander verglichen.

	Variante Heizraum in Nebengebäude 1	**Variante Heizraum vorhanden 2**	
		Brennstoffbunker im Nebenraum 2a	**Brennstoffbunker im Hof 2b**
Leitungskosten (DN 100, 40 m)	16.500 €	-	-
Errichtung Brennstofflager 60 srm mit Fördertechnik	-	-	17.000 € Kratzkettenförderer 25.000 €
Errichtung Brennstofflager 25 srm mit Fördertechnik	7.800 € Federkern 9.900 €	12.000 € Federkern 9.900 €	-
Errichtung Heizzentrale	Anschlüsse 10.000 € Heizzentrale10.000 €	Anschlüsse 10.000 € Umbau Treppe 15.000 €	Anschlüsse 10.000 € Umbau Einführung 5.000 €
Gesamt	**54.200 €**	**46.900 €**	**57.000 €**

Tab. 10: Variantenvergleich Hackschnitzelheizzentralen mit Brennstoffbunker

Es gilt zu bedenken, dass bei Variante 2a die größten Unsicherheiten bzgl. Umbaus der Treppe und Einbringung des Heizkessels sowie Brennstoffeinbringung und Brennstofftransport im Bunker bestehen.

Bei den Varianten 1 und 2a besteht zusätzlicher Bedarf (wegen Brennstofftransport innerhalb der Neumühle) an einem geeigneten Frontlader bzw. einem vergleichbaren Arbeitsgerät.

Aus den oben erwähnten Gründen, wirtschaftlichen Vorteilen und der besseren Eignung als Anschauungsobjekt wird das System 1 präferiert.

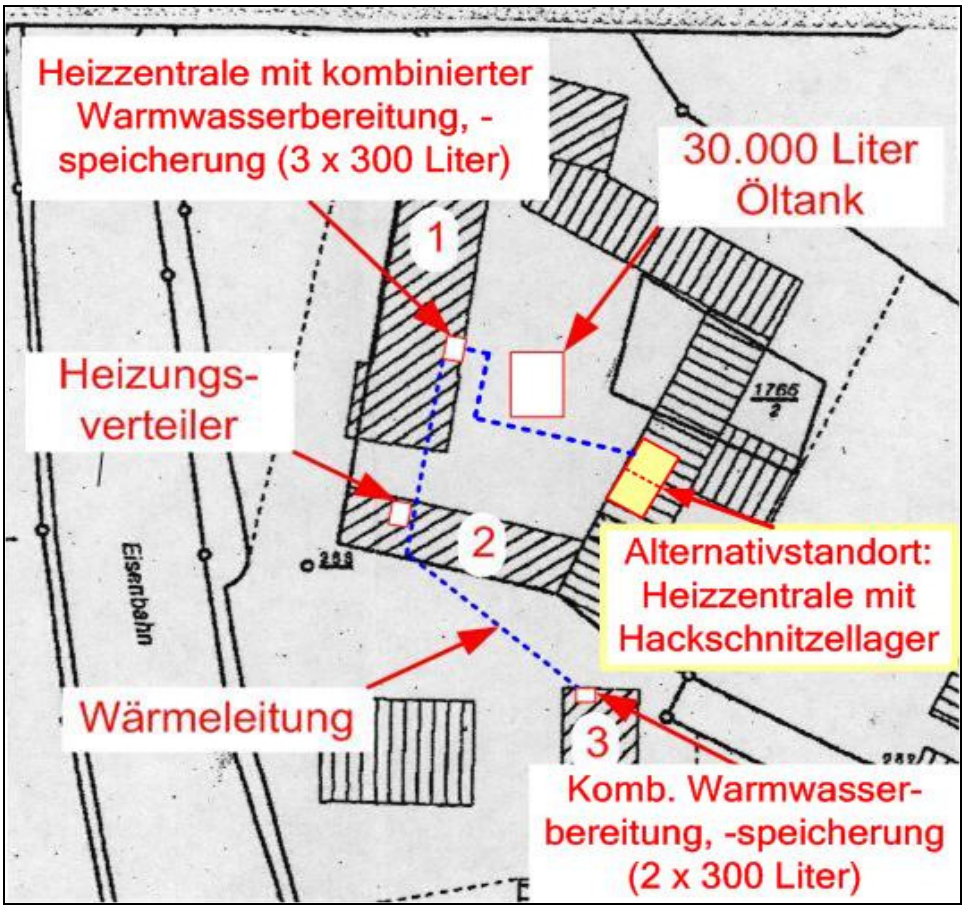

Abb. 19: Möglicher Alternativstandort für Heizzentrale mit Hackschnitzelbunker

Der Heizöltank ist auf eine Bevorratung von einem Jahr (ca. 13.000 Liter) ausgelegt.

6.2 Holzpellets

6.2.1 Heizanlage

Für eine Heizanlage mit dem Brennstoff Holzpellets ergeben sich folgende Anlagendaten:

Holzpellets				
	Grundlastkessel		Spitzenkessel	
Typ	Köb & Schäfer, Pyrot 220		Logano GE 315-200	
Leistung	180	kW	200	kW
Gesamtleistung	380			kW
Leistungsanteil	47,4	%	52,6	%
Brennstoff	Holzpellets (DINplus)		Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	105	t/a	13.070	l/a
	160,9	srm/a		
Lagerzeit	10 Tage (Volllast)		1 Jahr	
Lagergröße	13,3	srm	13.070	l

Tab. 11: Daten der Heizzentrale mit Holzpellets

Der ausgewählte Pyrot-Kessel zeichnet sich durch maximale Betriebssicherheit und lange Lebensdauer aus. Sicherlich ist der hier vorgewählte Holzpelletkessel von Köb & Schäfer (Pyrot 220) mit einer Breite von 1330 mm und einem Gesamtgewicht von 3,3 Tonnen nicht einfacher einzubauen als der im vorherigen Kapitel erwähnte Hackschnitzelkessel.

Daher wird hier ebenfalls eine Treppenerweiterung bzw. eine Lichtschacht Vergrößerung nötig sein.

6.2.2 Brennstofflager

Hier wird sich der Einbau eines Brennstoffbunkers aufgrund der anderen Brennstoffeigenschaften (bessere Rieselfähigkeit dadurch einfacherer Befüllung, höherer Energieinhalt und dadurch verringertes Lagervolumen) weniger kompliziert und dadurch kostengünstiger darstellen. Das Holzpelletslager ist für einen Volllastbetrieb von 10 Tagen ausgelegt der Heizöltank auf eine Bevorratung von einem Jahr (ca. 13.000 Liter).

Mögliche Ausführungen des Brennstoffbunkers sind nachfolgender Darstellung zu entnehmen.

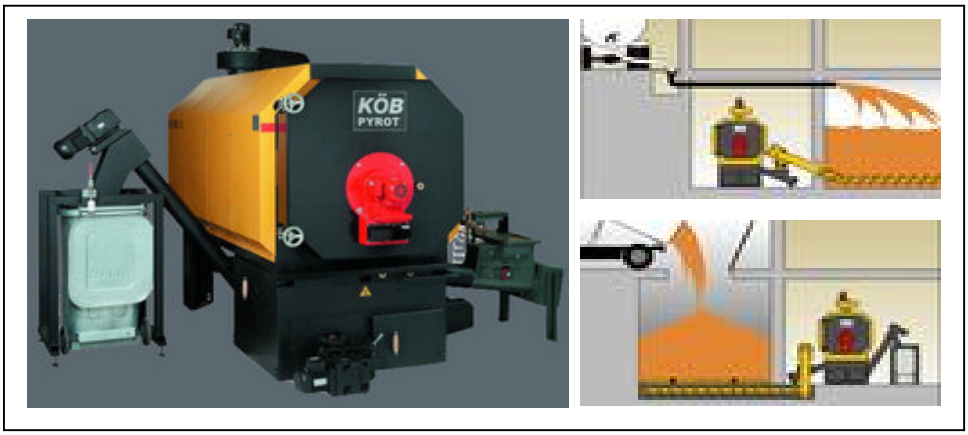

Abb. 20: Köb & Schäfer Kessel Pyrot 220 und mögliches Aufstellungsbeispiel [46]

6.3 Energiekorn

6.3.1 Heizanlage

Für eine Heizanlage mit dem Brennstoff Energiekorn (Getreide) ergeben sich folgende Anlagendaten:

Getreide				
	Grundlastkessel		Spitzenkessel	
Typ	Talkkari, Veto 200		Logano GE 315-200	
Leistung	200	kW	200	kW
Gesamtleistung	400			kW
Leistungsanteil	50,0	%	50,0	%
Brennstoff	Getreide (Getreidkorn)		Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	131	t/a	13.070	l/a
	179,0	srm/a		
Lagerzeit	10 Tage (Volllast)		1 Jahr	
Lagergröße	16,4	srm	13.070	l

Tab. 12: Daten der Heizzentrale mit Energiekorn (Getreide)

Der ausgewählte Talkkari-Kessel (Biomassevielstoffkessel) zeichnet sich durch maximale Betriebssicherheit, lange Lebensdauer und unkomplizierten Brennstoffeinsatz aus. Analog zu den beiden vorherigen Varianten stellt sich auch hier die Einbringung des Kessels schwierig dar und ist mit zusätzlichen Kosten verbunden. Der Kessel ist zwar mit einer Breite 87 cm

[46] Quelle: www.koeb-schaefer.com

schmaler aber mit einer Länge von184 cm sehr lang für die Einbringung über die Treppe oder den Lichtschacht.

Abb. 21: Talkkari-Kessel Veto 200[47]

6.3.2 Brennstofflager

Der Einbau eines Brennstoffbunkers, dessen Befüllung, der Brennstofftransport und letztlich die Kosten sind denen der Holzpelletsvariante ähnlich.

Das Getreidelager ist für einen Volllastbetrieb von 10 Tagen ausgelegt der Heizöltank auf eine Bevorratung von einem Jahr (ca. 13.000 Liter).

6.4 Pflanzenöl (Brenner)

6.4.1 Heizanlage

Für eine Heizanlage mit dem Brennstoff Pflanzenöl (Rapsöl) in einem Heizkessel ergeben sich folgende Anlagendaten:

[47] Quelle: www.ala-talkkari.fi

Pflanzenölkessel				
	Grundlastkessel		Spitzenkessel	
Typ	NET Rapsölbrenner 200		Logano GE 315-200	
Leistung	200	kW	200	kW
Gesamtleistung	400			kW
Leistungsanteil	50,0	%	50,0	%
Brennstoff	Pflanzenöl (Rapsöl)		Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	50	t/a	13.070	l/a
	54.460	l/a		
Lagerzeit	3 Monate		1 Jahr	
Lagergröße	13.615	l	13.070	l

Tab. 13: Daten der Heizzentrale mit Pflanzenölkessel

Der ausgewählte Brenner der Firma *NET* - Neue Energie Technik zeichnet sich durch seine Variabilität bei der Brennstoffwahl aus. So können folgende Brennstoffe ausgewählt werden: Diesel, Heizöl, RME, AME und sogar Frittierölen. Der Brenner ist auf bestehende Anlagen nachrüstbar.

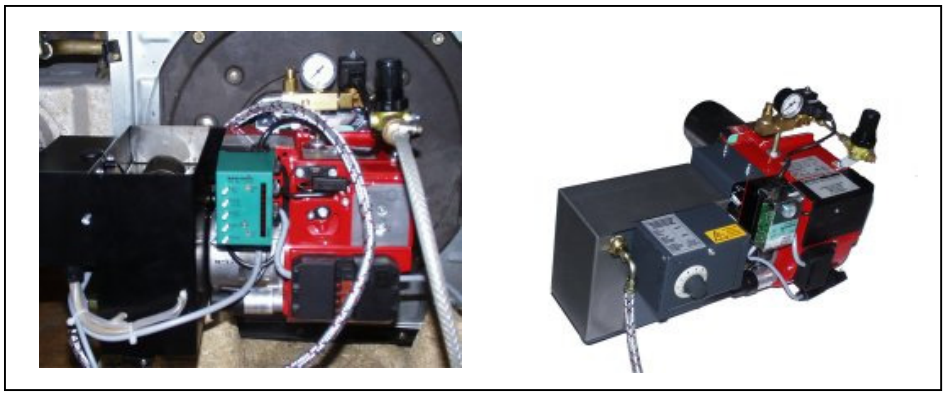

Abb. 22: NET Pflanzenölbrenner[48]

6.4.2 Brennstofflager

Der Tank für das Pflanzenöl könnte als Mehrtankvariante (1.500 Litermodule) ohne Probleme in einen der Nachbarräume der derzeitigen Heizzentrale eingebaut werden. Der Tank ist auf eine Bevorratung von ca. 3 Monaten ausgelegt.

[48] Quelle: http://www.neue-energie-technik.net/neue-energie-technik/pflanzenoelbrenner/brenner.htm

6.5 Pflanzenöl (BHKW)

6.5.1 Heizanlage

Für die Auslegung eines BHKW-Moduls ist der Grundlastwärmebedarf von entscheidender Bedeutung. Dieser Grundlastwärmebedarf stellt den über den Jahresverlauf konstanten Wärmebedarf dar. Im Fall der Neumühle ist dies der Warmwasserbedarf der in Kapitel 3.2.3 berechneten 43 Übernachtungen pro Tag.

Daraus ergibt sich die Dimensionierung des BHKW Moduls mit ca. 10-15% der berechneten Heizleistung (Kapitel 3.1) wie folgt:

Pflanzenöl - BHKW				
	Grundlast-BHKW		Spitzenkessel	
Typ	KWE 25P-4 AP		Logano GE 515-350	
Leistung	44	kW	350	kW
Gesamtleistung	394			kW
Leistungsanteil	11,2	%	88,8	%
Brennstoff	Pflanzenöl (Rapsöl)		Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	37	t/a	32.352	l/a
	34.375	l/a		
Lagerzeit	3 Monate		1 Jahr	
Lagergröße	8.594	l	32.352	l

Tab. 14: Daten der Heizzentrale mit Pflanzenöl BHKW

Auch in diesem Fall ist zu beachten, dass für das BHKW ein extra Kamin (Schornstein) benötigt wird, da es aus technischer Sicht nicht möglich ist ein BHKW mit einem Heizkessel an einem Kamin zu betreiben.

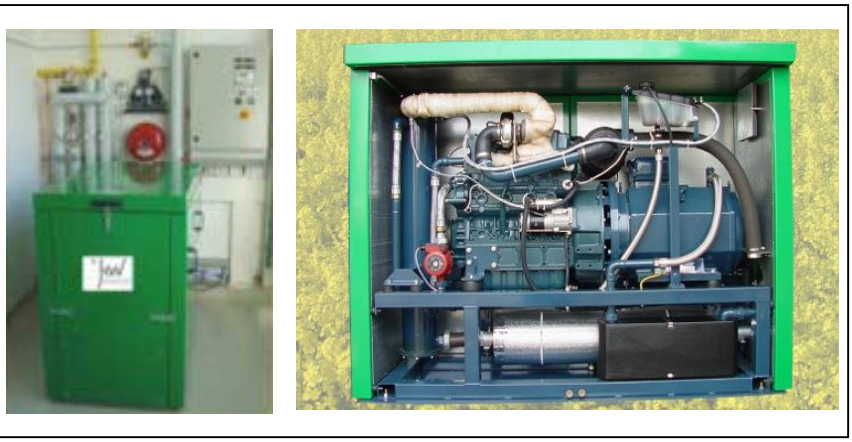

Abb. 23: Pflanzenöl BHKW der Firma KW Energietechnik[49]

[49] Quelle: www.kw-energietechnik.de

6.5.2 Brennstofflager

Der Tank für das Pflanzenöl könnte als Mehrtankvariante (1.000 - 1.500 Litermodule) ohne Probleme in einen der Nachbarräume der derzeitigen Heizzentrale eingebaut werden.

Der Tank für das Pflanzenöl (ca. 8.500 Liter) ist für eine Bevorratung von drei Monaten, der für Heizöl (ca. 32.500 Liter) für eine Bevorratung von einem Jahr ausgelegt.

6.6 Biogas (BHKW)

Im Bereich Biogas kann die Konzeptionierung von Anlagen nicht mit konventionellen Heizanlagen verglichen werden. Hier liegen die Investitionskosten noch um ein vielfaches höher als bei anderen Biomasse Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Eine erste Prüfung möglicher Inputmaterialien für eine Biogasanlage ergab, dass schon ein wirtschaftlicher Betrieb mit den Reststoffen aus der Viehhaltung des Hofgutes Neumühle sich wirtschaftlich gut darstellen lässt. Die zugrunde liegenden Daten sind nachfolgen aufgeführt.

Tierart	GV-Schlüssel	Tierplätze		Güllemenge	Gasertrag	Gasertrag
	(GV/Tier)	Anzahl	GV	m3/GV a	m3/t	m3/a
Schweine					allg.	
Niedertragende und leere Sauen, Eber	0,3000	48	14,40	4,8	25,00	1.728
Sauen mit Ferkeln bis 10 kg	0,4000	20	8,00	11,0	25,00	2.200
Ferkelaufzucht (Durchschnittsgewicht 15kg)	0,0300	120	3,60	16,0	25,00	1.440
Ferkelaufzucht (Durchschnittsgewicht 20kg)	0,0400	120	4,80	16,0	25,00	1.920
Jungsauen (Durchschnittsgewicht 60kg)	0,1200	8	0,96	13,0	25,00	312
Mastschweine (Durchschnittsgewicht 65 kg)	0,1300	480	62,40	14,0	25,00	21.840
			94,16	1177,6		29.440
Rinder						
Kühe und Rinder über 2 Jahre	1,2000	150	180,00	16,5	30,00	89.100
Weibliches Jungvieh 1-2Jahre	0,6000	90	54,00	15,0	30,00	24.300
Jungvieh- und Kälberzucht unter 1 Jahr	0,3000	90	27,00	14,4	30,00	11.664
			261,00	4168,8		125.064
Sonstige Nutztiere						
Mutterschafe (Tierzahlen)	0,1500	171	25,65	203,5	20,00	4.069
Schafe über 1 Jahr (Tierzahlen)	0,1000	54	5,40	64,3	20,00	1.285
Böcke à 120 kg (Tierzahlen)	0,2400	15	3,60	17,8	20,00	357
Lämmer à 20 kg (Tierzahlen)	0,0400	288	11,52	342,7	20,00	6.854
			46,17	628,3		12.565
Summe			**401,33**	**5.975**	24,62	**167.069**

Tab. 15: Anzahl der Großvieheinheiten und der resultierenden Biogasmenge, Neumühle

Aus diesen Daten ergibt sich eine mögliche Anlagengröße mit folgenden Grunddaten:

- Fermentergröße bei 35 Tagen Verweildauer:
  - ca. 620 m^3 Volumen (brutto) + Nachgärbehälter (eventuell vorhanden)
  - Durchmesser ca. 12,6 Meter, Höhe ca. 5 Meter

- Zündstrahl-BHKW mit
    - 114 kW Gesamtleistung (HJS Zündstrahl-Modul),
    - 50 kW thermische Leistung (netto),
    - 40 kW elektrische Leistung (netto),
- Investitionskostenschätzung ca. 160.000-180.000 €

Die Heizzentrale bzw. die Aufteilung der Heizlasten stellt sich wie nachfolgend dar.

Biogas Zündstrahl-BHKW					
	Grundlast-BHKW			Spitzenkessel	
Typ	Schnell, 0406 SE			Logano GE 515-350	
Leistung	42,5	kW		350	kW
Gesamtleistung	392,5				kW
Leistungsanteil	10,8	%		89,2	%
Brennstoff	Biogas, Heizöl (Zündöl)			Heizöl EL	
Brennstoffbedarf	Biogas: 165.000	m^3/a		35.256	l/a
	Zündöl: 6.400	l/a	→		
Lagerzeit	Biogas: einige Stunden			9 Monate	
Lagergröße	Zündöl: siehe Heizöl			31.240	l

Tab. 16: Daten der Heizzentrale mit Biogas-BHKW

Diese Variante könnte den berechneten Grundlastbedarf des Hofgutes Neumühle über den Sommer gut abdecken. Es sollte aber im weiteren Projektverlauf geprüft werden ob eine vergrößerte Biogasanlage mit weiteren NaWaRo's als Input sich auch noch wirtschaftlich darstellen lässt.

Das im weiteren angewandte Berechnungsverfahren basiert auf Vordimensionierungen, Kostenschätzungen und Annahmen, da zum derzeitigen Projektstatus nicht alle Einzelheiten zu beantworten sind. Auch der aus den Berechnungen abgeleitetet Wärmegestehungspreis ist im Fall der Biogasanlage als Richtwert zu verstehen. Im weiteren Projektverlauf können sich Abweichungen ergeben.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Gesamtinvestition beruht auf Schätzung mit Kennzahlen ausgehend von der möglichen erzeugten Biogasmenge
- Es werden zusätzliche Kosten z.B. Genehmigung, Flächenbearbeitung/ -befestigung, Güllepumpen usw. entstehen
- Der Stromeigenbedarf wurde mit 12 €Ct / kWh berechnet
- Die Einspeisevergütung wurde mit 18,9 €Ct/kWh berechnet (Inbetriebnahme 2007)

- Als Personalbedarf wurde 1/3 Arbeitskraft eher weniger berechnet
- Die Variante Biogas ist nur der Vollständigkeit halber berücksichtigt, es unterscheidet sich von den anderen Variante maßgeblich, da hier die Erzeugung der Energieträgers (Biogas) noch in „Eigenleistung“ vollzogen wird.

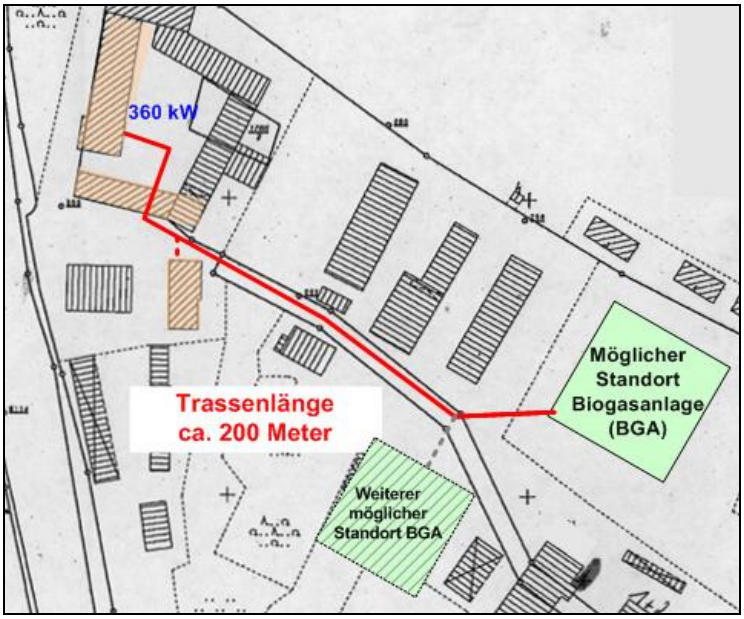

Abb. 24: Lageplan mit möglichen Standort der Biogasanlage und Trassenführung

Der hier gewählte Anlagenstandort (siehe nachfolgende Darstellung) ist ein Vorschlag der sich in Bezug auf die Nähe zu den entsprechenden Wärmeabnehmern günstig darstellen lässt. Die Unebenheit des Geländes sowie die unpassende Höhenlage (in Bezug auf den geplanten Neubau der Kuhstallungen) wirken sich hingegen negativ auf eine Umsetzbarkeit des Vorhabens aus. Ein weiterer möglicher Standort für die Biogasanlage könnte in der Nähe der derzeitigen Güllelagune liegen. Hier zeigt sich allerdings die Problematik einer nicht ausreichenden Fläche bzw. einer unpassenden Höhenlage des Geländes.

Grundsätzlich erscheint die Standortwahl in Bezug auf ausreichende Größe, Ebenheit und Höhenlage sowie Nähe zu Stallungen bzw. Wärmeabnehmern hier die Kernproblemstellung darzustellen. Dies gilt es gegebenenfalls in einer näheren Betrachtung zu prüfen.

Eine mögliche Erweiterung der Biogasanlagengröße auf ca. 500 $kW_{el.}$ mit NaWaRo auf der Inputseite und einer zusätzlichen Wärmeabnahme der einzelnen Stallungen (siehe Darstellung 19) könnte die Wirtschaftlichkeit steigern. Dies sollte in einer detaillierten Machbarkeitsstudie geprüft werden um weitere Entscheidungsoptionen zu liefern.

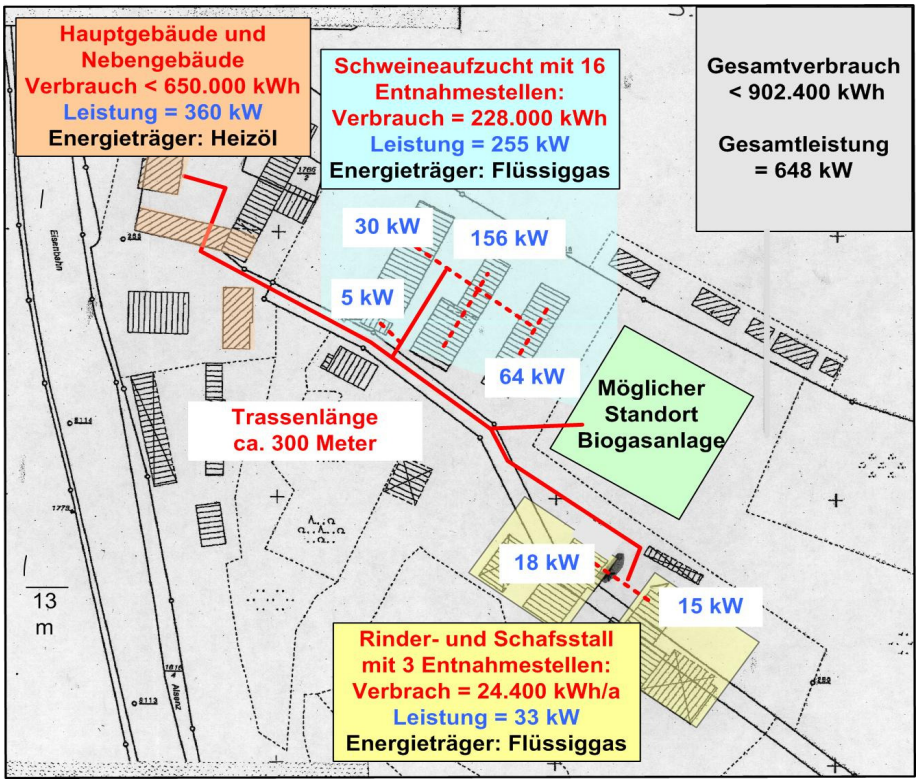

Abb. 25: Mögliche Ausführung ein vergrößerten Biogasanlage

6.7 Heizöl

Dieses Szenario dient als Referenzszenario, falls die Heizanlage in der Neumühle nur erneuert und optimiert werden würde, der Brennstoff aber beibehalten wird. Es wurde eine Buderus Ölkesselanlage als Beispiel eingesetzt.

Heizöl				
	Grundlastkessel		Spitzenkessel	
Typ	Logano GE 315-170		Logano GE 315-200	
Leistung	170	kW	200	kW
Gesamtleistung	370			kW
Leistungsanteil	45,9	%	54,1	%
Brennstoff	Heizöl EL			
Brennstoffbedarf	65.352			l/a
Lagerzeit	6 Monate			
Lagergröße	32.676			l

Tab. 17: Daten der Heizzentrale mit Heizöl

6.8 Pflanzenöl BHKW mit Holzpellets (Grundlast)

6.8.1 Heizanlage

Für diese Variante ergeben sich folgende Anlagen- und Bunkergrößen:

Pflanzenöl - BHKW / Holzpellets				
	Grundlast-BHKW		Spitzenkessel	
Typ	KWE 25P-4 AP		Köb & Schäfer, Pyrot 400	
Leistung	44	kW	340	kW
Gesamtleistung	384			kW
Leistungsanteil	11,5	%	88,5	%
Brennstoff	Pflanzenöl (Rapsöl)		Holzpellets	
Brennstoffbedarf	37	t/a	42	t/a
	34.375	l/a	64,7	srm/a
Lagerzeit	3 Monate		3 Monate	
Lagergröße	8.594	l	16	srm/a

Tab. 18: Daten der Heizzentrale mit PÖ-BHKW und Holzpellets

Wie bei den bereits in Kapitel 6.1 und 6.2 erwähnten Varianten ist auch hier die Einbringung des Pelletkessels in den bisherigen Heizraum aufgrund der Abmaße (Länge 2850 mm, Breite 1590 mm, Höhe 2270 mm, Gewicht 4878 kg) schwierig bis unmöglich. So wurde auch hier die Variante mit einer neu zu errichtenden Heizzentrale in einem Nachbargebäude gewählt.

6.8.2 Brennstofflager

Das Brennstofflager (Pelletbunker) und die Pflanzenöltanks werden wie bei den bereits beschriebenen Varianten (6.2 bzw. 6.1 und 6.5) ausgeführt.

7 Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsoptionen

In diesem Kapitel werden die mit den möglichen Fördermitteln erreichten Wirtschaftlichkeiten der einzelnen Varianten dargestellt. Dabei wurden folgende annahmen getroffen:

7.1 Förderprogramme

Für die Umsetzung von Projekten mit Einsatz von regenerativen Energien bzw. zur Einsparung von Primärenergie können verschiedene nachfolgende aufgeführte Förderoptionen des Bundes oder des Landes in Betracht kommen:

7.1.1 Bundesmittel

- KfW-Programm Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Leider besteht in diesem Programm seit Januar 2006 ein vorläufiger Antragsstop aufgrund ausgeschöpfter Fördermittel. Es ist aber davon auszugehen, dass das Programm fortgeführt wird.

Gefördert wurden in diesem Programm unter anderem die Errichtung automatisch beschickter Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung fester Biomasse mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW, sofern bestimmte Emissionswerte eingehalten werden. Weitere Informationen im Internet unter: http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/Erneuerbar17/index.jsp.

- KfW-Umweltprogramm

Das KfW-Umweltprogramm fördert Investitionen in den Umweltschutz unabhängig von der Größe des Unternehmens. Bedingung ist, dass die Investitionen zur Verbesserung der Umweltsituation beitragen (unter anderem werden gefördert: Energieeinsparung und rationelle Energieverwendung sowie Nutzung erneuerbarer Energien).

Weitere Informationen im Internet unter:

http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/KfW-Umwelt44/index.jsp.

- Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (BAFA)

Über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) werden Heizsysteme zur Nutzung von regenerativen Energien gefördert. Zuschüsse gibt es für drei verschiedene Förderbereiche: Solarkollektor- und Biomasseanlagen sowie den Programmteil „Wärme aus erneuerbaren Energien in der Schule“.

Zu den Förderprogrammen sind Richtlinien veröffentlicht worden. Sie regeln im einzelnen die Bedingungen zur Gewährung von Zuschüssen. Wichtig ist es, vor der praktischen Umsetzung eines Vorhabens das BAFA zu befragen und einen Antrag zu stellen. Die Richtlinien und die Antragsformulare können beim BAFA angefordert oder im Internet abgerufen werden (http://www.bafa.de/1/de/aufgaben/energie/erneuerbare_energien.php).

Dieses Förderprogramm kann für das Projekt Neumühle nur auf die solarthermische Anlage angewendet werden. Für Heizanlagen mit Biomasse als Brennstoff ist die Kesselleistung auf 100 kW beschränkt und für Biogasanlagen kleiner 70 $KW_{el.}$ ist die Regelung bis 31.12.2006 befristet.

7.1.2 Landesmittel

Die im Förderprogramm „Pilotprojekt Energieeinsparung in Wohngebäuden“ vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz zur Verfügung gestellten Mittel im Umfang von 2 Mio. EURO sind inzwischen ausgeschöpft und das Programm damit beendet.

Das Pilotprojekt erfreute sich eines großen Zuspruchs. Bereits in der ersten Phase wurde mit einer Million Fördervolumen 52 000 Quadratmeter Wohnfläche energetisch saniert und damit eine durchschnittliche Einsparung von 1.600 € bezogen auf den derzeitigen Erdölpreis pro Antragsteller erreicht.

Weitere Fördermöglichkeiten bestehen im Rahmen des Pilotprojekts „Energieeinsparung in öffentlichen Gebäuden der Gemeinden des Ziel 2-Gebietes“. Dabei fördert das Land Rheinland-Pfalz energiesparende Maßnahmen in Höhe von maximal 50.000 Euro pro Gebäude in strukturschwachen Gebieten (Ziel 2-Gebiete), unter anderem:

- Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergiebedarfs in öffentlichen Gebäuden für Beheizung, Warmwassererwärmung, Kühlung/Klimatisierung und Beleuchtung.
- Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergiebedarfs durch Wärmedämmung, Investitionen zur effizienteren Wärme- und Kälteversorgung (einschließlich Warmwasser) und zur Reduzierung des Energiebedarfs für Beleuchtung.

Weitere Informationen sind erhältlich bei der rheinland-pfälzischen Energieagentur im Internet unter: http://www.eor.de/index.php?page=pilotprojekt_oeffentlich

Fördervoraussetzung in diesem Programm die Bedingung eine Einsparung an Endenergie um mindestens 30% gegenüber dem Ist- Endenergiebedarf des Gebäudes zu erreichen. Im Projekt Neumühle ist dieser Wert mit einem reinen Austausch der Heizanlage nicht zu ge-

währleisten. Hier müssten weiterer Energieeinsparmaßnahmen an der Gebäudehülle vorgesehen werden (Erneuerung der Fenster, Anbringung einer Außenwanddämmung oder Dachdämmung etc.).

Für die Varianten mit Solarkollektoranlage, insbesondere die Variante mit Solarkollektoranlage zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung kann eine detaillierte Überprüfung durch einen Gebäudeenergieberater lohnenswert sein. Unter optimalen Umständen kann der Wert von 30% Endenergieeinsparung erreicht wird. Zum jetzigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass die Ziel 2 Förderung nicht in Anspruch genommen werden kann.

7.1.3 Zusammenfassung der Förderoptionen

Aus den oben erwähnten Ausführungen ergibt sich, das aus Bundesmittel derzeit lediglich die BAFA Förderung für den Bereich der solarthermischen Anlage für das Projekt Neumühle in Anspruch genommen werden kann.

Daraus ergeben sich folgende Fördersätze nach: Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Artikel 6.1.1 a und b:

- Der Zuschuss beträgt für Anlagen mit einer Gesamtbruttokollektorfläche von bis zu 200 m^2 **84 € je angefangene m^2 installierte Bruttokollektorfläche**
- Erstinstallationen von Solarkollektoranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung. Der Zuschuss beträgt für Anlagen mit einer Gesamtbruttokollektorfläche von bis zu 200 m^2 **108 € je angefangene m^2 installierte Bruttokollektorfläche**

Bei den Landesmittel kann zur Zeit ohne detailliertere Prüfung nicht von einer Erfüllung der Förderrichtlinien des Programms „Energieeinsparung in öffentlichen Gebäuden der Gemeinden des Ziel 2-Gebietes“ ausgegangen werden.

7.2 Wirtschaftlichkeit

Für die Berechnung einer Wirtschaftlichkeit müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Einige Preise sind starken Marktschwankungen unterworfen (Brennstoffe) andere Preise beziehen sich auf Konkrete Angebote (Heizanlagen). Die detaillierten Wirtschaftlichkeiten der einzelnen Varianten befinden sich im Anhang diese Dokuments.

7.2.1 Übersicht der Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Varianten

Nachfolgen sind die Investitionskostenabschätzungen der einzelnen Variante aufgeführt. Die Investitionskostenabschätzungen beruhen auf Berechnungen, Investition für Grund- und Spitzenlastkessel und Heizanlagenauslegung (Kapitel 6) die sich im teilweise im Anhang befinden. Die Investitionskosten sind hier als Nettokosten aufgeführt.

Variante 1		
Holzhackschnitzel mit Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**188.636,17 €**	**188.636,17 €**

Variante 1		
Holzhackschnitzel ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**141.486,14 €**	**141.486,14 €**

Variante 1a		
Holzhackschnitzel mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**188.636,17 €**	**187.947,37 €**

Variante 1a		
Holzhackschnitzel ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**141.486,14 €**	**140.797,34 €**

Variante 1b		
Holzhackschnitzel mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**273.636,17 €**	**262.836,17 €**

Variante 1b		
Holzhackschnitzel ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (Binder), Pufferspeicher	71.665,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	44.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**226.486,14 €**	**215.686,14 €**

Tab. 19: Investitionskostenabschätzung Variante 1

Variante 2		
Holzpellets mit Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Pellet-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**157.034,37 €**	**157.034,37 €**

Variante 2		
Holzpellets ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**109.884,34 €**	**109.884,34 €**

Variante 2a		
Holzpellets mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**163.184,37 €**	**162.495,57 €**

Variante 2a		
Holzpellets ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**109.884,34 €**	**109.195,54 €**

Variante 2b		
Holzpellets mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**242.034,37 €**	**231.234,37 €**

Variante 2b		
Holzpellets ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
HHS-Anlage (KÖB), Pufferspeicher	64.063,20 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**194.884,34 €**	**184.084,34 €**

Tab. 20: Investitionskostenabschätzung Variante 2

Variante 3		
Energiekorn mit Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspeicher	66.946,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**159.917,17 €**	**159.917,17 €**

Variante 3		
Energiekorn ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspei	66.946,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Gesamt	**112.767,14 €**	**112.767,14 €**

Variante 3a		
Energiekorn mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspeicher	66.946,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**166.067,17 €**	**165.378,37 €**

Variante 3a		
Energiekorn ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspei	66.946,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**112.767,14 €**	**112.078,34 €**

Variante 3b		
Energiekorn mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspeicher	66.946,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**244.917,17 €**	**234.117,17 €**

Variante 3b		
Energiekorn ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Getreide-Anlage (Ala-Talkari), Pufferspei	66.946,00 €	
Lagerbunker und Peripherie	20.000,00 €	
Ölkessel	15.821,14 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**197.767,14 €**	**186.967,14 €**

Tab. 21: Investitionskostenabschätzung Variante 3

Variante 4				Variante 4		
Pflanzenölbrenner mit Netzerneuerung ohne Solarthermie				**Pflanzenölbrenner ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	15.821,14 €	
Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €			**Gesamt**	**42.968,14 €**	**42.968,14 €**
Ölkessel	15.821,14 €					
Gesamt	**90.118,17 €**	**90.118,17 €**				
Variante 4a				**Variante 4a**		
Pflanzenölbrenner mit Netzerneuerung und Solarthermie				**Pflanzenölbrenner ohne Netzerneuerung mit Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	15.821,14 €	
Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €			Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Ölkessel	15.821,14 €			**Gesamt**	**42.968,14 €**	**42.279,34 €**
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €				
Gesamt	**96.268,17 €**	**95.579,37 €**				
Variante 4b				**Variante 4b**		
Pflanzenölbrenner mit Netzerneuerung und Solarthermie				**Pflanzenölbrenner ohne Netzerneuerung mit Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	15.821,14 €	
Pflanzenölkesssel u. Tank	17.147,00 €			Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Ölkessel	15.821,14 €			**Gesamt**	**127.968,14 €**	**117.168,14 €**
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €				
Gesamt	**175.118,17 €**	**164.318,17 €**				

Tab. 22: Investitionskostenabschätzung Variante 4

Variante 5				Variante 5		
Pflanzenöl BHKW mit Netzerneuerung ohne Solarthermie				**Pflanzenöl BHKW ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	22.563,64 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €			**Gesamt**	**81.714,64 €**	**81.714,64 €**
Ölkessel	22.563,64 €					
Gesamt	**128.864,67 €**	**128.864,67 €**				
Variante 5a				**Variante 5a**		
Pflanzenöl BHKW mit Netzerneuerung und Solarthermie				**Pflanzenöl BHKW ohne Netzerneuerung mit Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	22.563,64 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €			Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Ölkessel	22.563,64 €			**Gesamt**	**81.714,64 €**	**81.025,84 €**
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €				
Gesamt	**135.014,67 €**	**134.325,87 €**				
Variante 5b				**Variante 5b**		
Pflanzenöl BHKW mit Netzerneuerung und Solarthermie				**Pflanzenöl BHKW ohne Netzerneuerung mit Solarthermie**		
Investitionskosten		**Förderung**		**Investitionskosten**		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	32.150,03 €			Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €			Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €			Ölkessel	22.563,64 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €			Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Ölkessel	22.563,64 €			**Gesamt**	**166.714,64 €**	**155.914,64 €**
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €				
Gesamt	**213.864,67 €**	**203.064,67 €**				

Tab. 23: Investitionskostenabschätzung Variante 5

Variante 6		
Biogas BHKW mit Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspeicher	200.000,00 €	
Sonstiges	52.253,20 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Gesamt	**400.607,84 €**	**400.607,84 €**

Variante 6		
Biogas BHKW ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspe	200.000,00 €	
Sonstiges	50.003,20 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Gesamt	**383.357,84 €**	**383.357,84 €**

Variante 6a		
Biogas BHKW mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspeicher	200.000,00 €	
Sonstiges	52.253,20 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**406.757,84 €**	**406.069,04 €**

Variante 6a		
Biogas BHKW ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspe	200.000,00 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Sonstiges	50.925,70 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**390.430,34 €**	**389.741,54 €**

Variante 6b		
Biogas BHKW mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspeicher	200.000,00 €	
Sonstiges	52.253,20 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**485.607,84 €**	**474.807,84 €**

Variante 6b		
Biogas BHKW ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (250 m Leitungslänge)	100.791,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Biogas Anlage mit BHKW und Pufferspe	200.000,00 €	
Ölkessel	22.563,64 €	
Sonstiges	62.753,20 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	10.800,00 €
Gesamt	**481.107,84 €**	**470.307,84 €**

Tab. 24: Investitionskostenabschätzung Variante 6

Variante 8		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets mit Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	15.481,92 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Gesamt	**215.815,92 €**	**215.815,92 €**

Variante 8		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets ohne Netzerneuerung ohne Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Gesamt	**185.334,00 €**	**185.334,00 €**

Variante 8a		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	15.481,92 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**221.965,92 €**	**221.277,12 €**

Variante 8a		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Solarthermische Anlage	6.150,00 €	688,80 €
Gesamt	**185.334,00 €**	**184.645,20 €**

Variante 8b		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets mit Netzerneuerung und Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Wärmeleitung (50 m Leitungslänge)	15.481,92 €	
Hausübergabestationen (3)	15.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	0,00 €
Gesamt	**300.815,92 €**	**300.815,92 €**

Variante 8b		
Pflanzenöl BHKW / Holzpellets ohne Netzerneuerung mit Solarthermie		
Investitionskosten		**Förderung**
Anschluss Heizzentrale	10.000,00 €	
Wärmeleitung Heizzentrale	17.445,00 €	
Pflanzenöl BHKW, Pufferspeicher, Tank	49.151,00 €	
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	108.738,00 €	
Solarthermische Anlage	85.000,00 €	0,00 €
Gesamt	**270.334,00 €**	**270.334,00 €**

Tab. 25: Investitionskostenabschätzung Variante 8

Als Förderung der Investitionskosten wurden die in Kapitel 7.1.3 erwähnten Programme berücksichtigt.

7.2.2 Jährliche Kosten

Die jährlichen Kosten wurden zunächst als Nettokosten berechnet. Sie wurden aufgeteilt in die Bereiche Kapital-, Verbrauchs-, Betriebs- und sonstige Kosten. Unter die Verbrauchskosten fallen diejenigen Kosten, welche durch den ermittelten Energiebedarf der anzuschließenden Gebäude entstehen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Anlagen zur Abdeckung der Grundlast 80% des Endenergiebedarfes beisteuern und die restlichen 20% durch die Öl-spitzenlastkessel erzeugt werden.

Die weiteren Kosten, wie unter anderem Betriebsstromkosten, Wartung und Instandhaltung, Verwaltung und Versicherung wurden anhand von Richtwerten ermittelt.[50]

7.2.2.1 Kapitalkosten

Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die Investitionskosten auf den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aufgeteilt, so dass sie als jährliche Kosten berücksichtigt werden können. Die Berechnungsformel hierzu lautet:

$$a = i * \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$$

mit: i = realer Zinssatz
t = Betrachtungsdauer

Durch diese Berechnung werden die Investitionskosten mit der Verzinsung durch aufzunehmende Kredite berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, dass alle förderfähigen Kosten über das Kreditprogramm „Programm zur Förderung Erneuerbarer Energien“ [51] der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) finanziert werden. Hierüber sind alle Bestandteile einer Anlage zur Wärmeerzeugung aus Biomasse förderfähig. Als Zinssatz wurden dementsprechend 3,6% angenommen.

7.2.2.2 Betriebskosten

Für die Kalkulation der Betriebskosten wurden nachfolgende Werte angesetzt, welche einen Mix aus Literaturwerten und Erfahrungswerten darstellt. Dabei wurde eine Vereinfachung angewendet, die die Betriebskosten auf die Gesamtinvestition bezieht.

[50] Richtwerte aus: Holzenergie für Kommunen - Ein Leitfaden für Initiatoren, S. 132 ff.; und aus: Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, S. 204 ff.

[51] siehe: www.kfw-foerderbank.de

Betriebskosten		Einzelwert	Mittelwert
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2,5 – 4%	
Instandhaltung Heizraum	bezogen auf die Investitionskosten des Heizraumes	0,88%	3,0% bezogen auf die Gesamtinvestition
Instandhaltung Wärmenetz	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	1,50%	
Instandhaltung Hausanschlüsse	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	1,30%	
Kaminfeger		Pauschal	250,00€

Tab. 26: Annahme zu den Betriebskosten[52]

7.2.2.3 Brennstoffkosten

Bei den Brennstoffpreisen liegen nachfolgende Annahmen zugrunde. In diesem Zusammenhang ist anzumerken das die Brennstoffpreise starken Schwankungen unterliegen und so nur als Anhaltswerte dienen können. Die hier angegebenen Preise beziehen sich alle auf Preiserhebungen in der Zeit zwischen Juni und Juli 2006.

Holzhackschnitzel: Es wird mit einem Preis von ca. 23 €/ Srm inc. 7% MwSt. gerechnet. Dieser Preis stellt eine realistische Annahme aus der Erfahrung des IfaS dar. Dies Entspricht bei einem Heizwert von 0,8 MWh/Srm einem Energiereis von **28,75 €/MWh.**

Quelle: IfaS, Dipl.-Forstwirt B. Wern

Holzpellets: Für Holzpellets kann bei den hier benötigten Abnahmemengen mit einem Preis von ca. 180 €/Tonne kalkuliert werden. Dies entspricht einem Energiepreis von **36 €/MWh.**

Quelle:http://www.iwr.de/bio/holzpellets/checkliste-holzpellets-heizung.html

Energiekorn: Für Getreide wird mit einem Preis von ca. 120 €/t frei Anlage kalkuliert. Dies entspricht ca. **30 €/MWh**.

Quelle: www.getreideheizung.de/grundlagen/wirtschaftlich.php

Pflanzenöl: Bei Rapsöl kann bei den Bedingungen für die Neumühle von einem Preis von ca. 0,8 – 0,82 €/Liter (brutto incl. MwSt.) ausgegangen werden. Dies entspricht einem Energiepreis von **83,3 – 85,4 €/MWh**.

Quelle: www.oelbestellung.de

Biogas: Für Biogas als Brennstoff kann kein „Einkaufspreis“ veranschlagt werden. Der Preis für das Biogas setzt sich aus vielen Parametern, die je weils von den spezifischen Gegebenheiten jeder Anlage abhängen zu sammen. Als Parameter sind beispielsweise zu nennen: Rohstoffpreis (In- und Outputmaterial), Betriebsführung (Laufzeit, Betriebskosten), Investitionskonditionen usw.

Heizöl: Für Heizöl in der Region Pfalz wurde für eine Abnahmemenge von min. 3.000 Liter folgender Tagespreis ermittelt: 62,8 €/100Liter BRUTTO (mit MwSt.). Daraus ergibt sich ein Energiepreis von **62,8 €/MWh**

Quelle:http://www.tecson.de/pheizoel.htm

[52] Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Leitfaden Bioenergie, 2. aktualisierte Auflage 2005, S. 204

8 Zusammenfassung

Um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten zu vereinfachen ist im allgemeinen der Wärmepreis von entscheidender Bedeutung. Der Wärmepreis gibt Auskunft darüber, zu welchem Preis die produzierte Wärme erzeugt werden kann. Zur Berechnung des Wärmepreises werden die in Kapitel 7.2 berechneten jährlichen Kosten durch den Nutzenergieverbrauch geteilt, so dass der Wärmepreis in €/MWh bzw. €Ct/kWh dargestellt werden kann. Die detaillierten Berechnungen zu den hier gezeigten Ergebnissen befinden sich im Anhang.

Für die einzelnen Netzvarianten ergeben sich nachfolgende Wärmepreise (Szenario a ist immer die Solaranlage auf dem Übernachtungshaus (Brauchwassererwärmung) und Szenario b ist immer die Variante auf dem „Alten Internat“ (kombinierte Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung)):

Variante 1 (Holzhackschnitzel):

Szenario 1a: Jahreskosten	
Jahreskosten	41.716,58 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0638
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,38**

Szenario 1a: Jahreskosten	
Jahreskosten	42.207,09 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0646
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,46**

Szenario 1b: Jahreskosten	
Jahreskosten	43.300,36 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0663
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,63**

Tab. 27: Wärmepreis Variante 1

Variante 2 (Holzpellets):

Szenario 2: Jahreskosten	
Jahreskosten	42.286,13 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0647
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,47**

Szenario 2a: Jahreskosten	
Jahreskosten	42.488,15 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0650
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,50**

Szenario 2b: Jahreskosten	
Jahreskosten	44.508,52 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0681
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,81**

Tab. 28: Wärmepreis Variante 2

Variante 3 (Getreide):

Szenario 3: Jahreskosten	
Jahreskosten	43.390,21 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0664
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,64**

Szenario 3a: Jahreskosten	
Jahreskosten	43.885,81 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0672
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,72**

Szenario 3b: Jahreskosten	
Jahreskosten	50.279,45 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0769
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,69**

Tab. 29: Wärmepreis Variante 3

Variante 4 (Pflanzenöl-Brenner):

Szenario 4: Jahreskosten	
Jahreskosten	60.120,16 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0920
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,20**

Szenario 4a: Jahreskosten	
Jahreskosten	61.009,20 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0934
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,34**

Szenario 4b: Jahreskosten	
Jahreskosten	64.417,97 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0986
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,86**

Tab. 30: Wärmepreis Variante 4

Variante 5 (Pflanzenöl-BHKW):

Szenario 5: Jahreskosten	
Jahreskosten	19.116,27 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0293
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**2,93**

Szenario 5a: Jahreskosten	
Jahreskosten	19.286,89 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0295
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**2,95**

Szenario 5b: Jahreskosten	
Jahreskosten	27.384,65 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0419
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**4,19**

Tab. 31: Wärmepreis Variante 5

Variante 6 (Biogas-BHKW):

Szenario 6: Jahreskosten	
Jahreskosten	21.354,48 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0327
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	3,27

Szenario 6a: Jahreskosten	
Jahreskosten	21.752,81 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0333
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**3,33**

Szenario 6b: Jahreskosten	
Jahreskosten	28.146,45 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0431
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**4,31**

Tab. 32: Wärmepreis Variante 6

Variante 7 (Heizöl):

Szenario 7: Jahreskosten	
Jahreskosten	49.308,31 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0755
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,55**

Szenario 7a: Jahreskosten	
Jahreskosten	50.031,77 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0766
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,66**

Szenario 7b: Jahreskosten	
Jahreskosten	53.016,92 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0811
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**8,11**

Tab. 33: Wärmepreis Variante 7

Variante 8 (Pflanzenöl BHKW / Holzpelletsl):

Szenario 8: Jahreskosten	
Jahreskosten	18.981,15 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0290
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	2,90

Szenario 8a: Jahreskosten	
Jahreskosten	22.472,43 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0344
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	3,44

Szenario 8b: Jahreskosten	
Jahreskosten	29.092,28 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0445
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	4,45

Tab. 34: Wärmepreis Variante 8

Zusammenfassend ergeben sich folgende Punkte:

- Es ergibt sich das bei fast allen Varianten, außer bei den BHKW-Varianten, die Szenarien ohne Solaranlagen wirtschaftlicher sind. Dies liegt daran, dass die Solaranlage für die Anlagenauslegung der anderen Energieerzeuger additiv betrachtet werden muss, d.h. sie verringert die Anlagendimensionierung (Investition) nicht und wirkt sich nur wenig senkend auf die Verbrauchskosten aus.

- Bei den Solarthermischen Varianten (a+b) konnte das gesamte Einsparpotenzial nicht berechnet werden, da die Verbrauchswerte für die (im Sommer) strombetriebenen Wasserboiler nicht vorlagen. Hier wäre eine detailliertes Messkonzept nötig gewesen, was sich aber in der kürze der Zeit (Messperiode mindestens ein Jahr) nicht realisieren ließ. Es ist absehbar, das eines solarthermische Anlage des Typs a die Wirtschaftlichkeit aller Varianten (ohne BHKW) verbessert.

Die Solaranlagenvariante b wird vom IfaS als zu aufwendig betrachtet. Gerade in Bezug auf die nicht immer kontinuierliche Auslastung des Hofgutes Neumühle ist hier von einer solchen Investition abzuraten. Der Einbau einer Solaranlage nach Vorschlag a wird vom IfaS geraten (wenn kein BHKW verwirklicht wird) gerade auch in Hinsicht auf weiter steigende Energieträgerpreise.

Der Einbau einer Solaranlage wirkt sich geringfügig nachteilig auf die Wärmegestehungskosten aus (reine kWh Preis etwa bei 0,12 €Ct/kWh). Hier sollte jedoch auch die Signalwirkung, die von einer solchen Anlage ausgeht, genutzt werden. Es gilt allerdings zu beachten, dass eine wahrscheinlich anstehende Dachsanierung sich weiter negativ auf die Installation einer Solaranlage auswirken wird.

- Die Varianten mit gekoppelter Strom- und Wärmeproduktion (BHKW) sind durch die EEG Vergütung kostengünstiger als die reinen Wärmeproduktionsvarianten.

- Die wirtschaftlichste und ökologisch sinnvollste Variante ist Nr. 8. Im Gegensatz zu allen anderen Varianten wird hier komplett auf fossile Energieträger verzichtet. Allerdings eignet sich diese Variante nicht sehr gut für die Kombination mit einer solarthermische Anlage, da das PÖ-BHKW als Grundlastversorger nahezu das ganze Jahr in Betrieb ist.

Daher empfiehlt das IfaS generell eine Variante mit kombinierter **Strom- und Wärmeproduktion**. Diese Varianten sind zwar im Logistik- und Versorgungsaufwand höher, bieten jedoch auch die höchste regionale Wertschöpfung. Speziell die PÖ-BHKW / Holzpelletvariante stellt nach Ansicht des IfaS unter ökonomischen, ökologischen und regionalen Gesichtspunkten die beste Variante dar. Mit einem Wärmegestehungspreis von ca. **2,9 €Ct/kWh** ist diese Variante auch die wirtschaftlichste. Dabei sollte allerdings auf eine solarthermische Anlage verzichtet werden.

Soll jedoch eine Variante ohne Kraft-Wärme-Kopplung also mit reiner **Wärmeproduktion** gewählt werden liegen die Varianten Holz mit Holzhackschnitzel (**6,38 €Ct/kWh**) und Holzpellets (**6,47 €Ct/kWh**) wirtschaftlich gesehen sehr dicht beieinander. Hier kann nach anderen Gesichtspunkten wie z. B. Vorbildfunktion, Ausbildungsstätte usw. entschieden werden.

Anhang

Holzhackschnitzel

Szenario 1: Holzhackschnitzel - Kapitalkosten ohne Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
HHS-Anlage mit Pufferspeicher	20	67.040,00 €	4.759,84 €
Brennstofflager	20	44.000,00 €	3.124,00 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	25.101,46 €	1.846,97 €
Gesamt		192.444,52 €	**13.873,58 €**

Szenario 1: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzhackschnitzel	28,75 €	523	15.031,00 €
Betriebsstromkosten HHS-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	131	8.208,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	131	98,03 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			24.147,63 €

Szenario 1: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.900,14 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		3.695,37 €

Szenario 1a: Jahreskosten

Jahreskosten	41.716,58 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0638
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,38**

Szenario 1a: Holzhackschnitzel mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
HHS-Anlage mit Pufferspeicher	20	67.040,00 €	4.759,84 €
Brennstofflager	20	44.000,00 €	3.124,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	26.006,74 €	1.913,58 €
Gesamt		199.385,00 €	**14.368,69 €**

Szenario 1a: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzhackschnitzel	28,75 €	523	15.031,00 €
Betriebsstromkosten HHS-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	126	7.935,30 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	126	94,77 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			23.992,14 €

Szenario 1a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.900,14 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		3.846,25 €

Szenario 1a: Jahreskosten

Jahreskosten	42.207,09 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0646
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,46**

Szenario 1b: Holzhackschnitzel mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
HHS-Anlage mit Pufferspeicher	20	67.040,00 €	4.759,84 €
Brennstofflager	20	44.000,00 €	3.124,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	36.231,46 €	2.665,91 €
Gesamt		277.774,52 €	**19.960,73 €**

Szenario 1b: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzhackschnitzel	28,75 €	523	15.031,00 €
Betriebsstromkosten HHS-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	91	5.696,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	91	68,03 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			23.089,63 €

Szenario 1b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.900,14 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		5.555,46 €

Szenario 1b: Jahreskosten

Jahreskosten	43.300,36 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0663
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,63**

© IfaS (2006)

Holzpellets

Szenario 2: Holzpellets - Kapitalkosten ohne Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pellet-Anlage mit Pufferspeicher	20	59.563,20 €	4.228,99 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	20.379,94 €	1.499,56 €
Gesamt		156.246,20 €	**11.291,32 €**

Szenario 2: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzpellets	36,00 €	523	18.821,43 €
Betriebsstromkosten Pellets-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	131	8.208,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	131	98,03 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			27.938,05 €

Szenario 2: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,0%	2.261,53 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		3.056,76 €

Szenario 2: Jahreskosten

Jahreskosten	42.286,13 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0647
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,47**

Holzpellets

Szenario 2a: Holzpellets mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pellet-Anlage mit Pufferspeicher	20	59.563,20 €	4.228,99 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	21.285,22 €	1.566,17 €
Gesamt		163.186,68 €	**11.786,43 €**

Szenario 2a: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzpellets	36,00 €	523	18.821,43 €
Betriebsstromkosten Pellets-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	126	7.935,30 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	126	94,77 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			27.782,57 €

Szenario 2a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,0%	1.967,95 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		2.919,15 €

Szenario 2a: Jahreskosten

Jahreskosten	42.488,15 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0650
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,50**

Szenario 2b: Holzpellets mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pellet-Anlage mit Pufferspeicher	20	59.563,20 €	4.228,99 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	31.509,94 €	2.318,50 €
Gesamt		241.576,20 €	**17.378,47 €**

Szenario 2b: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Holzpellets	36,00 €	523	18.821,43 €
Betriebsstromkosten Pellets-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	91	5.696,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	91	68,03 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			26.880,05 €

Szenario 2b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,0%	4.012,90 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		6.668,21 €

Szenario 2b: Jahreskosten

Jahreskosten	44.508,52 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0681
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,81**

Getreide

Szenario 3: Getreide - Kapitalkosten ohne Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Getreidebrenner mit Pufferspeicher	20	66.946,00 €	4.753,17 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	21.487,36 €	1.581,04 €
Gesamt		164.736,42 €	**11.896,98 €**

Szenario 3: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Getreide	30,00 €	523	15.684,52 €
Betriebsstromkosten Getreide-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	131	8.208,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	131	98,03 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			24.801,15 €

Szenario 3: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.896,85 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Abgasmessung (TÜV)	pauschal	3.000,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		6.692,08 €

Szenario 3: Jahreskosten

Jahreskosten	43.390,21 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0664
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,64**

Szenario 3a: Getreide mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Getreidebrenner mit Pufferspeicher	20	66.946,00 €	4.753,17 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	22.392,64 €	1.647,65 €
Gesamt		171.676,90 €	**12.392,09 €**

Szenario 3a: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Getreide	30,00 €	523	15.684,52 €
Betriebsstromkosten Getreide-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	126	7.935,30 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	126	94,77 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			24.645,67 €

Szenario 3a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.896,85 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Abgasmessung (TÜV)	pauschal	3.000,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		6.848,05 €

Szenario 3a: Jahreskosten

Jahreskosten	43.885,81 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0672
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**6,72**

Szenario 3b: Getreide mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Getreidebrenner mit Pufferspeicher	20	66.946,00 €	4.753,17 €
Brennstofflager	20	20.000,00 €	1.420,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	32.617,36 €	2.399,99 €
Gesamt		250.066,42 €	**17.984,13 €**

Szenario 3b: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Getreide	30,00 €	523	15.684,52 €
Betriebsstromkosten Getreide-Anlage	1,25 €	523	653,52 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	91	5.696,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	91	68,03 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			23.743,15 €

Szenario 3b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	3,5%	2.896,85 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Abgasmessung (TÜV)	pauschal	3.000,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		8.552,17 €

Szenario 3b: Jahreskosten

Jahreskosten	50.279,45 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0769
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,69**

Pflanzenölkessel

Szenario 4: Pflanzenöl - Kapitalkosten ohne Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenölkessel	20	17.147,00 €	1.217,44 €
Ölkessel	20	10.000,00 €	735,80 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	10.144,34 €	746,42 €
Gesamt		77.773,26 €	**5.678,32 €**

Szenario 4: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	84,38 €	523	44.112,72 €
Betriebsstromkosten PÖ-Kessel-Anlag	0,75 €	523	392,11 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	131	8.208,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	131	98,03 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			52.967,94 €

Pflanzenölkessel

Szenario 4: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	678,88 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		1.473,90 €

Szenario 4: Jahreskosten

Jahreskosten	60.120,16 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0920
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,20**

Szenario 4a: Pflanzenöl mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenölkessel	20	17.147,00 €	1.217,44 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	11.922,79 €	877,28 €
Gesamt		91.408,05 €	**6.665,99 €**

Szenario 4a: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	84,38 €	523	44.112,72 €
Betriebsstromkosten PÖ-Kessel-Anlag	0,75 €	523	392,11 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	126	7.935,30 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	126	94,77 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			52.812,45 €

Szenario 4a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	579,56 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		1.530,75 €

Szenario 4a: Jahreskosten

Jahreskosten	61.009,20 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0934
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,34**

Szenario 4b: Pflanzenöl mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenölkessel	20	17.147,00 €	1.217,44 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	15.821,14 €	1.164,12 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	22.147,51 €	1.629,61 €
Gesamt		169.797,57 €	**12.258,03 €**

Szenario 4b: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	84,38 €	523	44.112,72 €
Betriebsstromkosten PÖ-Kessel-Anlag	0,75 €	523	392,11 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	91	5.696,23 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	91	68,03 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			51.909,94 €

Szenario 4b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	2.283,68 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	462,32 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		4.938,99 €

Szenario 4b: Jahreskosten

Jahreskosten	64.417,97 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0986
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**9,86**

Pflanzenöl-BHKW

Szenario 5: Pflanzenöl - Kapitalkosten ohne Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.660,23 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	367,90 €
Planungskosten	20	16.829,48 €	1.238,31 €
Gesamt		134.026,04 €	**9.734,83 €**

Szenario 5: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	330	16.579,20 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	330	247,50 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	324	20.317,16 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	324	242,64 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			37.543,35 €

Szenario 5: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Heizkessel	2,5%	1.792,87 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		7.275,59 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 28.161,91 €

Szenario 5: Jahreskosten

Jahreskosten	19.116,27 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0293
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**2,93**

Szenario 5a: Pflanzenöl mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.660,23 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	355,00 €
Planungskosten	20	17.734,76 €	1.304,92 €
Gesamt		140.966,52 €	**10.217,04 €**

Szenario 5a: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	330	16.579,20 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	330	247,50 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	319	20.044,24 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	319	239,38 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			37.387,87 €

Szenario 5a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Heizkessel	2,5%	1.379,66 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	563,45 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		7.119,49 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 28.318,01 €

Szenario 5a: Jahreskosten

Jahreskosten	19.286,89 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0295
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**2,95**

Szenario 5b: Pflanzenöl mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung

	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.660,23 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	355,00 €
Planungskosten	20	27.959,48 €	2.057,26 €
Gesamt		219.356,04 €	**15.809,07 €**

Szenario 5b: Verbrauchskosten

	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	330	16.579,20 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	330	247,50 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	284	17.805,16 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	284	212,64 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			36.485,35 €

Szenario 5b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)

	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Heizkessel	2,5%	3.083,78 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	563,45 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		10.527,73 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 24.909,77 €

Szenario 5b: Jahreskosten

Jahreskosten	27.384,65 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0419
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**4,19**

Biogas-BHKW

Szenario 6: Biogas- Kapitalkosten ohne Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Biogas-BHKW mit Pufferspeicher	20	200.000,00 €	14.200,00 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.602,02 €
Wärmenetz	35	100.791,00 €	7.156,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.775,00 €
Sonstiges	20	52.253,20 €	3.709,98 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	355,00 €
Planungskosten	20	60.841,18 €	4.319,72 €
Gesamt		466.449,01 €	**33.117,88 €**

Szenario 6: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Betriebsstromkosten Biogas-Anlage	8% des Gesamtstroms		3.264,00 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	416	26.124,80 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	416	312,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			29.857,65 €

Szenario 6: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Biogasanlage	2 €Ct/kWh	6.800,00 €
Betriebsführung (1/3 Stelle)	1000 €/Monat	12.000,00 €
Betriebsmittel Biogas	100 €/Monat	1.200,00 €
Heizkessel	2,5%	564,09 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	1.736,87 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		22.638,96 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	64.260,00 €
Gesamt		- 41.621,04 €

Szenario 6: Jahreskosten	
Jahreskosten	21.354,48 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0327
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**3,27**

Szenario 6a: Biogas mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Biogas-BHKW mit Pufferspeicher	20	200.000,00 €	14.200,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.660,23 €
Wärmenetz	35	100.791,00 €	7.416,20 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Sonstiges	20	52.253,20 €	3.709,98 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	355,00 €
Planungskosten	20	53.158,48 €	3.911,40 €
Gesamt		464.801,51 €	**33.520,81 €**

Szenario 6a: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Betriebsstromkosten Biogas-Anlage	8% des Gesamtstroms		3.264,00 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	412	25.851,87 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	412	308,74 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			29.702,16 €

Szenario 6a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Biogasanlage	2 €Ct/kWh	6.800,00 €
Betriebsführung (1/3 Stelle)	1000 €/Monat	12.000,00 €
Betriebsmittel Biogas	100 €/Monat	1.200,00 €
Heizkessel	2,5%	564,09 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	1.736,87 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		22.789,84 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	64.260,00 €
Gesamt		- 41.470,16 €

Szenario 6a: Jahreskosten	
Jahreskosten	21.752,81 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0333
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**3,33**

Szenario 6b: Biogas mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Biogas-BHKW mit Pufferspeicher	20	200.000,00 €	14.200,00 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	22.563,64 €	1.660,23 €
Wärmenetz	35	100.791,00 €	7.416,20 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Sonstiges	20	52.253,20 €	3.709,98 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	355,00 €
Planungskosten	20	63.383,20 €	4.663,74 €
Gesamt		543.191,03 €	**39.112,85 €**

Szenario 6b: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Betriebsstromkosten Biogas-Anlage	8% des Gesamtstroms		3.264,00 €
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	376	23.612,80 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	376	282,00 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			28.799,65 €

Szenario 6b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Biogasanlage	2 €Ct/kWh	6.800,00 €
Betriebsführung (1/3 Stelle)	1000 €/Monat	12.000,00 €
Betriebsmittel Biogas	100 €/Monat	1.200,00 €
Heizkessel	2,5%	564,09 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	1.736,87 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		24.493,96 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	64.260,00 €
Gesamt		- 39.766,04 €

Szenario 6b: Jahreskosten	
Jahreskosten	28.146,45 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0431
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**4,31**

Heizölkessel

Heizölkessel

Szenario 7: Heizöl - Kapitalkosten ohne Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Ölkessel	20	31.012,28 €	2.281,88 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	10.724,13 €	789,08 €
Gesamt		82.218,33 €	**6.049,62 €**

Szenario 7: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Heizöl	62,80 €	654	41.041,16 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	654	490,14 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			41.688,15 €

Szenario 7: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	775,31 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		1.570,54 €

Szenario 7: Jahreskosten	
Jahreskosten	49.308,31 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0755
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,55**

Szenario 7a: Heizöl mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Ölkessel	20	31.012,28 €	2.281,88 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	11.629,41 €	855,69 €
Gesamt		89.158,81 €	**6.544,73 €**

Szenario 7a: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	649	40.768,24 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	649	486,88 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			41.532,67 €

Szenario 7a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	775,31 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	690,18 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		1.954,37 €

Szenario 7a: Jahreskosten	
Jahreskosten	50.031,77 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0766
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**7,66**

Szenario 7b: Heizöl mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Ölkessel	20	31.012,28 €	2.281,88 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Planungskosten	20	21.854,13 €	1.608,03 €
Gesamt		167.548,33 €	**12.136,77 €**

Szenario 7b: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Öl	62,80 €	614	38.529,16 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	0,75 €	614	460,14 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			40.630,15 €

Szenario 7b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
Heizkessel	2,5%	775,31 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	690,18 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		3.658,49 €

Szenario 7b: Jahreskosten	
Jahreskosten	53.016,92 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0811
spez. Jahreskosten (€Ct/kWh)	**8,11**

Pflanzenöl-BHKW - Holzpellets

Pflanzenöl-BHKW - Holzpellets

Szenario 5: Pflanzenöl / Holzpellets - Kapitalkosten ohne Förderung	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Wärmeleitung Heizzentrale	20	17.445,00 €	1.238,60 €
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	20	108.738,00 €	7.720,40 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	367,90 €
Planungskosten	20	32.372,39 €	2.381,96 €
Gesamt		253.188,31 €	**18.177,23 €**

Szenario 8: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	330	16.579,20 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	330	247,50 €
Brennstoffpreis Holzpellets	36,00 €	324	11.664,00 €
Betriebsstromkosten Holzpellets	1,25 €	324	405,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			29.052,55 €

Szenario 8: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Pelletkessel	3,0%	1.706,14 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		7.188,87 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 28.248,63 €

Szenario 8: Jahreskosten	
Jahreskosten	18.981,15 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0290
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	2,90

Szenario 8a: Pflanzenöl / Holzpellets mit Solarthermie Variante a - Kapitalkosten mit Förde	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Wärmeleitung Heizzentrale	20	17.445,00 €	1.238,60 €
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	20	108.738,00 €	7.720,40 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	6.035,20 €	428,50 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	367,90 €
Planungskosten	20	33.277,67 €	2.448,57 €
Gesamt		260.128,79 €	**18.672,34 €**

Szenario 8a: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	324	16.277,76 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	324	243,00 €
Brennstoffpreis Öl	36,00 €	324	11.664,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	1,25 €	324	405,00 €
Solarthermieanlage	pauschal		120,70 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			28.867,31 €

Szenario 8a: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Pelletkessel	3,0%	4.736,67 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Solaranlage	2,5%	150,88 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		10.370,28 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 25.067,22 €

Szenario 8a: Jahreskosten	
Jahreskosten	22.472,43 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0344
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	**3,44**

Szenario 8b: Pflanzenöl / Holzpellets mit Solarthermie Variante b - Kapitalkosten mit Förde	Nutzungsdauer in Jahre	Investitions-kosten	kapitalgebundene Kosten pro Jahr
Pflanzenöl-BHKW mit Pufferspeicher	20	49.151,00 €	3.489,72 €
Wärmeleitung Heizzentrale	20	17.445,00 €	1.238,60 €
Pellet-Anlage mit Brennstoffbunker	20	108.738,00 €	7.720,40 €
Solaranlage (incl. Förderung)	20	74.200,00 €	5.268,20 €
Wärmenetz	35	15.481,92 €	1.139,16 €
Hausanschlüsse und Heizzentrale	30	25.000,00 €	1.839,50 €
Anschluss EVU	20	5.000,00 €	367,90 €
Planungskosten	20	43.502,39 €	3.200,91 €
Gesamt		338.518,31 €	**24.264,38 €**

Szenario 8b: Verbrauchskosten	Kosten pro MWh	Verbrauch in MWh	Verbrauchskosten pro Jahr
Brennstoffpreis Pflanzenöl	50,24 €	284	14.268,16 €
Betriebsstromkosten PÖ-BHKW-Anlag	0,75 €	284	213,00 €
Brennstoffpreis Öl	36,00 €	324	11.664,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel	1,25 €	324	405,00 €
Solarthermieanlage	pauschal		1.484,00 €
Stromkosten Netzpumpe	0,24 €	654	156,85 €
Gesamt			28.191,01 €

Szenario 8b: Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung)	% des Invest	Betriebskosten pro Jahr
BHKW	2,5 €Ct/kWh	4.687,50 €
Pelletkessel	3,0%	4.736,67 €
Instandhaltung Heizraum	0,9%	88,00 €
Wärmenetz und Hausanschlüsse	1,5%	457,23 €
Solaranlage	2,5%	1.855,00 €
Kaminfeger	pauschal	250,00 €
Gesamt		12.074,40 €
Stromrlöse	18,9 €Ct/kWh	35.437,50 €
Gesamt		- 23.363,10 €

Szenario 8b: Jahreskosten	
Jahreskosten	29.092,28 €
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	0,0445
spezifische Jahreskosten (€/kWh)	**4,45**

© IfaS (2006)