

Umsetzungsprojekt: Integrale Planung und Steuerung der nachhaltigen Modernisierung des Gebäudebestands und der Energieversorgung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode

## **Endbericht Künftiges Wärmeversorgungskonzept**

Der Bericht wurde erstellt von /  
Das Projekt wurde bearbeitet von:

Datenstand: 03.08.2010

Die Verantwortung für den Inhalt  
des Berichtes liegt bei den Verfassern.

Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>3</b>
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.2	Vorgehensweise.....	4
<b>2</b>	<b>Grunddaten und Vereinbarungen.....</b>	<b>5</b>
2.1	Grunddaten aus der Bestandserfassung und den Energiekonzepten.....	5
2.2	Kostenfunktionen.....	9
2.3	Weitere technische Festlegungen.....	10
2.4	Weitere wirtschaftliche Festlegungen.....	12
<b>3</b>	<b>Herangehensweise und Auswertetabellen.....</b>	<b>14</b>
3.1	Stufen der (De)zentralisierung.....	14
3.2	Auswertetabellen für alle Energieversorgungsarten.....	18
3.3	Auswertetabellen für die verschiedenen Erzeuger.....	23
3.4	Überblick über die Ergebnisse.....	28
<b>4</b>	<b>Versorgung der Peripherie.....</b>	<b>31</b>
4.1	Außengebiet West.....	32
4.2	Pfarrhaus.....	39
4.3	Gebiet Mitte Süd.....	43
4.4	Sarona, Bethesda, Krankenhaus, Bethanien und Wohnhaus II.....	47
4.5	Außengebiet Südost.....	52
4.6	Emmaus, Zoar und Wohnhaus I.....	56
4.7	Kaiserwald.....	61
4.8	Außengebiet Ost.....	65
4.9	Außengebiet Nordost.....	72
4.10	Lindenplatz, Sundern, Mohnmorgen.....	76
4.11	Außengebiet Nord.....	81
4.12	Therapiehaus.....	85
4.13	Fazit Peripherie.....	88
<b>5</b>	<b>Versorgung des Kerngebietes.....</b>	<b>91</b>
5.1	Vorüberlegungen.....	91
5.2	Lösung kurz- bis mittelfristig.....	92
5.3	Lösung mittel- bis langfristig.....	95
5.4	Fazit Kerngebiet.....	98
<b>6</b>	<b>Umstrukturierung im Verlauf.....</b>	<b>100</b>
6.1	Konzeptstufen.....	100
6.2	Ergebnisse.....	101
<b>7</b>	<b>Fazit zum Energiekonzept.....</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>112</b>
8.1	Detailempfehlungen.....	112
8.2	Kostendaten.....	115
8.3	Quellen.....	119

# 1 Einführung

Mittelfristig und langfristig (2050) sollen nach den Zielsetzungen der Bundesregierung die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland auf etwa 20 % der heutigen Emissionen reduziert werden. Der Energieeinsatz für Wärme soll durch umfassende energetische Modernisierungen im Bestand gegenüber heute in etwa halbiert werden. Dabei soll der Anteil regenerativer Energieträger für die Wärmeversorgung auf etwa 50% angehoben werden. Im Bereich elektrischer Energien soll bei etwa gleich bleibendem Verbrauch der Anteil regenerativer Energieträger auf etwa 80% angehoben werden. Diese Prognosen gehen von einem weiterhin geplanten Ausstieg aus der Kernenergie aus.

Auf Basis dieser langfristigen Strategien für Deutschland sind für das Modellprojekt "Neuerkerode 2015" verschiedene Versorgungsszenarien denkbar. Diese sollten die vorhandene Infrastruktur berücksichtigen und Fehler der Vergangenheit nicht wiederholen.

Als Fehler der Vergangenheit ist die im Jahre 1973 begonnene Umstellung von dezentralen Öl- und Kohlekesseln auf ein zentrales Gasheizwerk mit Ausbau eines Nahwärmeverteilsystems zu bewerten. Durch Umstellung auf eine zentrale Nahwärmeversorgung, ohne gleichzeitige Kraft-Wärme-Koppelung zur parallelen Stromerzeugung, wurden weder der Endenergieeinsatz noch die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert.

Bisher wenig Beachtung in der politischen und öffentlichen Diskussion findet die Forderung nach einer zukünftig notwendigen Begrenzung der für die Wärme- und für die Stromerzeugung einzusetzenden Biomasse (Holz, Bioheizöl, Biogas) als Ersatz für die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas. Bezogen auf den heutigen Verbrauch lassen sich mit den verfügbaren Agrar- und Waldflächenpotenzialen in Deutschland nur 18 bis maximal 20% des Endenergieeinsatzes decken. Übertragen auf den Wärmesektor entspricht dies einem begrenzenden "Biomassebudget" von 35 kWh/(m<sup>2</sup>a) Endenergieersatz durch feste, flüssige oder gasförmige Biomasse. Dieser Wert entspricht bereits vollständig dem Betrag an Energieverlusten, der heute und unter Beibehaltung der Fernwärmeversorgung auch zukünftig allein im gesamten Fernwärmenetz von Neuerkerode auftritt. (Siehe auch Bild 28 aus aktueller Energiebilanz von 2008 nächste Seite!)

Der Einsatz von Nah- und Fernwärmenetzen wird zukünftig nur in Anlagen mit Kraft-Wärmekopplung bzw. in Anlagen mit Heizwerken und regenerativen Energieträgern bei hoher bis sehr hoher Anschlussdichte (Innenstadtbereiche) sinnvoll sein.

## 1.1 Aufgabenstellung

Für die Gebäude der Evangelischen Stiftung Neuerkerode soll ein Energiekonzept in Stufen erstellt werden. Es soll kurz-, mittel- und langfristige Aspekte der Energieversorgung enthalten und sich folgenden Punkten widmen:

1. Wie weit muss aus wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten das vorhandene Nahwärmenetz zurückgebaut werden, sobald eine Modernisierung der Gebäude an der Peripherie der Liegenschaft erfolgt? Welche Verteilnetzverluste sind dabei vermeidbar?
2. Welche Wärmeerzeuger sind für die an der Peripherie entstehenden Einzelgebäude oder Gebäudeinseln sinnvoll?
3. Welche Wärmeerzeuger kommen für das verbleibende Kerngebiet Neuerkerodes – ein Gebiet mit relativ hoher Anschlussdichte – neben der vorhandenen Bioabwärmeeinspeisung in Betracht?

Das Konzept soll dabei berücksichtigen, dass der Zustand der Gebäude sich sukzessive verbessern wird. Außerdem wird der Holzeinsatz durch ein Biomassebudget limitiert.

## 1.2 Vorgehensweise

Dieser Bericht erläutert in seinem ersten Abschnitt (**Kapitel 2**) die Grunddaten, welche der Berechnung zugrunde gelegt sind.

Das sind im Einzelnen die Grunddaten aus der Bestandserfassung der Gebäude mit Empfehlungen zur Modernisierung. Sie geben Aufschluss über heutige und künftige Energiemengen und Leistungen für Wärme und Strom. Außerdem liegen aus der Bestandserfassung eine detaillierte Nahwärmenetzkarte mit Leitungslängen, Baualterklassen und Wärmeverlusten sowie die Dokumentation der heutigen Heizzentrale vor.

Darüber hinaus beschreibt dieses Kapitel die Kostenansätze, auf welche zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit zurückgegriffen wird sowie weitere technische und wirtschaftliche Randdaten, z.B. Zinsen und Preissteigerungen.

Auf Basis der Grunddaten wurden Auswertetabellen einer Tabellenkalkulation erstellt. Diese werden im folgenden Abschnitt (**Kapitel 3**) erläutert. Mit Hilfe der Tabellen können für Einzelgebäude, Gebäudeinseln verschiedener Größe bis hin zur Gesamtliegenschaft alle energetisch, ökologisch und wirtschaftlich relevanten Größen bestimmt werden.

Dies sind beispielsweise Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Mengen eines beliebig definierten Netzverbundes aus drei Gebäuden mit den Bedarfswerten der Gebäude für Wärme und Strom, den zugehörigen Wärmeverlusten der Nahwärmeleitung sowie notwendige Investitionskosten für einen beliebigen neuen Wärmeerzeuger.

Anhand der Auswertetabellen wird im sich anschließenden Abschnitt (**Kapitel 4**) für alle Gebäude an der Peripherie der Liegenschaft untersucht, ob sich eine Aufrechterhaltung der Zentralversorgung dort lohnt. Falls dies nicht der Fall ist, welcher Wärmeerzeuger sich für Einzelgebäude oder kleine Inseln lohnen kann. Das Kapitel endet mit einem Fazit zur Trennung von Gebäuden vom Dorfkern.

Für das verbleibende Kerngebiet des Dorfes ist eine Zentralversorgung anzustreben, weil Abwärme einer Biogasanlage verfügbar ist. Der nächste Abschnitt des Berichtes (**Kapitel 5**) untersucht verschiedene Varianten der Versorgung dieses Dorfkerns. Dabei wird der Nutzung der Abwärme Priorität eingeräumt. Das Kapitel endet mit einer Empfehlung für die Versorgung des Dorfkerns.

Der letzte Abschnitt (**Kapitel 6**) zeigt perspektivisch den Rückgang der End- und Primärenergie, der Netzverluste und CO<sub>2</sub>-Mengen vom heutigen Zustand bis hin zur vollständigen Umsetzung des Konzeptes. Es wird dabei ein Szenario der Umsetzungsreihenfolge vorgestellt.

Im Anhang (**Kapitel 8**) sind Detailempfehlungen für einzelne Gebäude ausgesprochen, die helfen können, das Konzept ohne Doppelinvestitionen reibungslos umzusetzen.

## 2 Grunddaten und Vereinbarungen

Für die Gebäude, deren Energie- und Leistungsbedarf wird auf Grunddaten des Grundlagenprojektes Neuerkerode zurückgegriffen. Außerdem werden weitere energetische, technische und wirtschaftliche Randdaten vereinbart, welche in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

### 2.1 Grunddaten aus der Bestandserfassung und den Energiekonzepten

In Form einer Exceltabelle, welche alle Einzelgebäude, aber auch alle Inseln und Gruppen bis zur Zentralvariante enthält, wurden folgende Daten aus dem Grundlagenprojekt zusammengetragen, welche am Beispiel des Gebäudes "Bethanien" erläutert werden.

Aus dem Grundlagenprojekt wurden die wichtigsten Gebäudedaten übernommen, siehe nachfolgende Tabelle. Als Grunddaten für Zusammenschlüsse mehrerer Gebäude wurden aus den Geometriedaten Summen gebildet.

Grunddaten	Hausname Nummer	Bethanien 5
	Gebäudegruppe Baujahre	A - Gebäude mit Pflegenutzung 1881
	beheizte Fläche	m <sup>2</sup> 157
	Hülle	m <sup>2</sup> 434
	Volumen	m <sup>3</sup> 525

Es wird festgelegt, wie die Energiemengen heute und künftig erzeugt werden sollen. Dabei bedeutet die Markierung "Strom", dass diese Energiemenge mit einem dezentralen Stromerzeuger erzeugt wird – hier ein Elektrodurchlauferhitzer für die Trinkwarmwassererzeugung. Die Markierung "Fernwärme" bedeutet, dass heute auf Fernwärme zurückgegriffen wird, künftig ebenfalls Fernwärme, aber auch alle zentralen Erzeuger (Heizzentrale in diesem Gebäude) denkbar sind. Beim Gebäude Bethanien soll von dezentraler auf zentrale Warmwasserbereitung umgestellt werden.

Zudem ist angegeben, ob sich die Nutzung künftig ändern wird und welcher künftige Standard des Gebäudes erreicht werden soll. Beim Gebäude Bethanien bleibt die Nutzung erhalten und das Gebäude soll langfristig hochwertig modernisiert werden.

Nutzung	heutige Nutzung künftige Nutzung heutiger Standard künftiger Standard	Pflegeeinrichtung für eine Wohngruppe bleibt unsaniert hochwertig
Warmwasser in Bilanz	Art WW heute künftig	Strom Fernwärme
Heizung in Bilanz	Art H heute künftig	Fernwärme Fernwärme

Für jedes Gebäude wurde außerdem notiert, ob ein Heizraum mit Platz für einen künftigen Erzeuger, ein Schornstein und ein geeigneter Lagerraum für Pellets oder Öl bereits zur Verfügung steht. Bei Bethanien ist alles der Fall. Bei Zusammenschlüssen mehrerer Gebäude wurde an dieser Stelle markiert, ob mindestens einmal im Verbund ein Schornstein, Heizraum und Lagerraum vorhanden ist.

Standort- daten	Schornstein	ja
	Heizraum	ja
	Lagerraum	ja

Zum Schluss wurde aus der Bestandserfassung des heutigen Nahwärmenetzes ermittelt, wieviel Leitungslänge diesem Gebäude zuzuordnen ist und welche Wärmemenge diese Leitungen heute verlieren. Die Ermittlung erfolgt so, dass das gesamte heutige Netz auf die Gebäude aufgeteilt wurde, jeweils aus der Mitte zum Rand hin gemessen. Beispiel Bethanien: es handelt sich bei den 64 Metern Rohr um die Leitung aus Richtung Wohnhaus II. Gemessen ab der Übergabestation des Wohnhauses II selbst.

Rohnetz Bestand	Länge kWh	64 12178
-----------------	--------------	-------------

### Leistungen für Trinkwarmwasser

Die heute und künftig benötigte Leistung einer Warmwasseraufbereitungsstation als Durchlaufsystem (ohne Speicher) wurde abgeschätzt. Dazu wurden Bewohnerzahlen angenommen und die Warmwassermenge in Litern abgeschätzt – künftig 10 % geringer als heute. Aus diesen Zahlen ergeben sich nach Voruntersuchungen der dazu durchgeführten Bachelorarbeit [Zeichner] die Leistungsgrößen von 111 bzw. 118 kW für Bethanien. Die Leistungswerte sind wegen der hohen Gleichzeitigkeit der Zapfung bei kleinen Gebäuden sehr groß.

Für Zusammenschlüsse mehrerer Gebäude an einen Erzeuger wurde nach demselben Schema die Leistung von Gemeinschaftsanschlüssen berechnet, die in der Regel kleiner als die Summe der Ausgangswerte ist – weil eine geringere Gleichzeitigkeit gegeben ist. Die Leistungsgröße wird benötigt, um einen künftigen Wärmeerzeuger ausreichend groß auszuwählen.

WW- Spitze	Nutzerzahl für TWW	heute	-	5
	Wassermenge kalt		m³/a	425
	Warmanteil		-	0,25
	Wassermenge warm		m³/a	106
	Zuschlag Intensivpflege/Abschlag Wohnbau		-	
	Anteil des Tagesbedarfs in 1 Minute		-	10,0%
	Warmwasserleistung		kW	111
	Nutzerzahl für TWW	künftig	-	5
	Wassermenge kalt		m³/a	382
	Warmanteil		-	0,25
	Wassermenge warm		m³/a	96
	Zuschlag Intensivpflege/Abschlag Wohnbau		-	
	Anteil des Tagesbedarfs in der max-Minute		-	11,8%
	Warmwasserleistung		kW	118

Für die Trinkwarmwasserauslegung mit einem Speicher wurde analog verfahren, wobei sich wegen des Speichers sehr viel kleinere Leistungen ergeben. Hier nur 5,6 bzw. 5 kW für Bethanien. Die Entscheidung, ob Speicher oder Ladesystem zum Einsatz kommen, ist an dieser Stelle noch offen.

Für Zusammenschlüsse mehrerer Gebäude wurden die Leistung von Gemeinschaftsanschlüssen und das Summenvolumen durch Addition der Ausgangswerte ermittelt.

WW-Speicher	Speicher soll Wasser bevorraten für ... Tage	heute	d	0,33
	Speichergröße nach Bedarf		l	96
	Speichergröße, aufgerundet		l	100
	Ladezeit für den Speicher		h	1
	Ladeleistung für den Speicher		kW	5,6
	Speicher soll Wasser bevorraten für ... Tage	künftig	d	0,33
	Tages-WW-Bedarf		l/d	86
	Speichergröße, aufgerundet		l	100
	Ladezeit für den Speicher		h	1
	Ladeleistung für den Speicher		kW	5,0

### Energiemengen und Heizlast

Aus den IWU-Energiebilanzen des Energiekonzeptes für die Gebäude ergeben sich die Heizlasten (Auslegung der Erzeuger) und die Energiemengen, welche im Gebäude als Nutzen (Heizkörper, Wasserhahn) und Verluste (Speicher, Rohrnetz im Gebäude – wie heute gebaut) benötigt werden. Die Aufteilung erfolgt für Heizung und Trinkwarmwasser getrennt.

Außerdem werden die Werte für den heutigen Zustand und den Zustand nach der Modernisierung getrennt angegeben. Die Warmwassernutzmenge wurde zukünftig und langfristig 10 % geringer angesetzt. Für das Gebäude Bethanien ergeben sich die Werte wie folgt:

IWU	heute	Heizung	Heizlast	kW aus IWU	18,1
			Nutzen	kWh/(m <sup>2</sup> a)	187
			Verteilung, Speicher Verlust	kWh/(m <sup>2</sup> a)	68
	TWW		Nutzen	kWh/(m <sup>2</sup> a)	30
			Verteilung, Speicher Verlust	kWh/(m <sup>2</sup> a)	2
künftig	Heizung	Heizlast	kW aus IWU	6,3	
		Nutzen	kWh/(m <sup>2</sup> a)	54	
		Verteilung, Speicher Verlust	kWh/(m <sup>2</sup> a)	8	
	TWW		Nutzen	kWh/(m <sup>2</sup> a)	26
			Verteilung, Speicher Verlust	kWh/(m <sup>2</sup> a)	19

Aus der Energiebilanz der Stromverbraucher des Grundlagenprojektes wurden die wichtigsten Daten übernommen: die Strommengen für Hilfsenergie der Anlagentechnik und die eigentliche Verbrauchsmenge. Auch hier ergibt sich neben den heutigen Wert ein künftiger Wert aus den Energiekonzepten.

LEE	heute	Hilfsenergie	kWh/a	0
		Rest	kWh/a	6872
künftig		Hilfsenergie	kWh/a	300
		Rest	kWh/a	6856

## Übersicht

Zu jedem Objekt wurde zum Schluss aus den Daten eine Übersicht erstellt, die die wichtigsten der genannten Daten enthält und überdies als Neuigkeit die Information bietet, ob die Energie- und Leistungsdaten in dem Objekt jeweils zu einer Zentralanlage gehören (Kessel, Nahwärme) oder ob die betreffenden Mengen dezentral erzeugt werden (Stromheizung, Elektrowarmwasserbereitung).

Bei Bethanien ist erkennbar, dass die Heizmengen jeweils unter der zentralen Variante verbucht sind, während die Trinkwarmwassermengen heute dezentral, aber künftig zentral erzeugt werden.

alle wichtigen Daten		Fläche	m <sup>2</sup>	157	
heute	H-zen	Last	kW	18	
		Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	kWh/a kWh/a	29305 10716
	H-dez	Last	kW		
		Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	kWh/a kWh/a	
	TWW-zen	Last	Tauscher Speicher	kW kW	
		Speichergröße Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	l kWh/a kWh/a	
	TWW-dez	Last	Tauscher Speicher	kW kW	111 6
		Speichergröße Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	l kWh/a kWh/a	100 4669 312
	Strom		Hilfsenergie Haushalt	kWh/a kWh/a	0 6872
	künftig	H-zen	Last	kW	6
Wärmeenergie			Nutzen Verluste D/S	kWh/a kWh/a	8553 1262
H-dez		Last	kW		
		Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	kWh/a kWh/a	
TWW-zen		Last	Tauscher Speicher	kW kW	118 5
		Speichergröße Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	l kWh/a kWh/a	100 4126 2978
TWW-dez		Last	Tauscher Speicher	kW kW	
		Speichergröße Wärmeenergie	Nutzen Verluste D/S	l kWh/a kWh/a	
Strom		Hilfsenergie Haushalt	kWh/a kWh/a	300 6856	

## 2.2 Kostenfunktionen

Für alle Komponenten die im Energiekonzept eine Rolle spielen, wurden vorab Kostenfunktionen festgelegt, auf die dann automatisiert zurückgegriffen werden konnte. Die Funktionen enthalten die Komponente mit Einbau, Mehrwertsteuer und 20 % Planungshonoraraufschlag. Folgende Kennwerte sind als Funktionen verfügbar:

- Nahwärmeleitungen im bebauten Gelände verlegen, je Meter gedämmtes Kunststoffmaterialrohr nach Durchmesser
- Gasleitungen im bebauten Gelände verlegen, je Meter
- Trinkwasserleitungen im Keller verlegen, je Meter gedämmte Kupferleitung
- Heizungsleitungen im Keller verlegen, je Meter gedämmte Kupferleitung
  
- Heizungspufferspeicher komplett mit Pumpe und Aufstellung, je Speichervolumen
- Trinkwarmwasserspeicher komplett mit Pumpe und Aufstellung, je Speichervolumen
- Frischwasserstationen komplett mit Pumpen und Aufstellung, je Leistung
- Elektrokleinspeicher oder Elektrodurchlauferhitzer
  
- Gasanschluss mit Anschluss bis zum Erzeuger, je kW Leistung
- Nahwärmeanschluss nur für Heizung, je kW Leistung
- Nahwärmeanschluss für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung, je kW Leistung
- Öltankanlage mit Anschluss bis zum Erzeuger, je Speichervolumen
- Umbau eines Raumes zum Holzlager, je m<sup>2</sup> Grundfläche
- Errichtung eines Heiz- oder Lagerraumes zur Öltankaufstellung oder als Holzlagerraum, je m<sup>2</sup> Grundfläche
  
- Neubau eines Schornsteins, je kW angeschlossene Leistung
- Einzug eines Edelstahlrohres in einen vorhandenen Schornstein, je kW angeschlossene Leistung
  
- Regelung für ein Gebäude und Aufschaltung auf die zentrale Leittechnik, je m<sup>2</sup> anzuschließende Gebäudefläche
  
- Gasbrennwertkessel komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Gas-BHKW komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Ölbrennwertkessel komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Öl-BHKW komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Holzhackschnitzelkessel komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Holzpelletkessel komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Außenluftwärmepumpe komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, je kW Leistung
- Erdreichwärmepumpe komplett mit Pumpe und Verrohrung an vorhandenes Netz, aber ohne Kollektorfeld, je kW Leistung
- Erdsonden mit Verlegung bis zum Heizraum, je kW Leistung

### 2.3 Weitere technische Festlegungen

Bei der Ermittlung von Grunddaten und Energiekennzahlen wurden – über die Erkenntnisse des Grundlagenprojektes hinaus – nachfolgend beschriebene Annahmen getroffen.

- Für die Umrechnung der Energieträger werden benötigt:

	Dichte		Brennwert/Heizwertfaktor
Gas, brennwertbezogen			1,11
Heizöl, brennwertbezogen			1,06
Holz hackschnitzel, brennwertbezogen	250	kg/srm	1,06
Holzpellets, brennwertbezogen	650	kg/srm	1,06

- als Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Faktoren kommen zwei Datensätze zum Einsatz: ein heute üblicher Datensatz sowie ein langfristiger (welcher widerspiegelt, dass langfristig Strom, Gas und Öl (letztere als Biomasse) in hohem Maße regenerativ sein werden)

	Primärenergiefaktoren		CO <sub>2</sub> -Äquivalente		
	heute	langfristig	heute	langfristig	
Gas	1,1	0,6	Gas	0,255	0,055 kg/kWh
Heizöl	1,1	0,6	Heizöl	0,330	0,055 kg/kWh
Holz	0,2	0,2	Holz	0,055	0,055 kg/kWh
Biowärme	0,0	0,0	Biowärme	0,000	0,000 kg/kWh
Strom	2,6	0,6	Strom	0,630	0,145 kg/kWh

- als Zeitangaben wurden verwendet:

Heizzeit	250 d/a	=	5500	h/a
Jahr	365 d/a	=	8760	h/a

- für Kessel wurden folgende Nutzungsgrade zugrunde gelegt:

Gaskessel, neu	88 %	brennwertbezogen	98%	heizwertbezogen bei Gas
Gaskessel, heute	85 %	brennwertbezogen	94%	heizwertbezogen bei Gas
Ölkessel	88 %	brennwertbezogen	93%	heizwertbezogen bei Heizöl
Holzessel	70 %	brennwertbezogen	78%	heizwertbezogen bei Holz

- für die Wärmepumpen wurden folgende Arbeitszahlen angenommen:

Luft-Wasser-WP	Heizbetrieb	heute	3,0
		künftig	3,3
	WW-Betrieb	heute	2,4
		künftig	2,4
Erdreich-Wasser-WP	Heizbetrieb	heute	3,5
		künftig	4,0
	WW-Betrieb	heute	2,6
		künftig	2,6

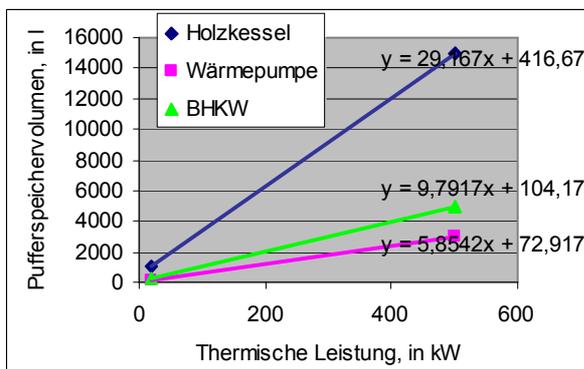
- für die BHKWs ergibt sich die Stromkennzahl je nach BHKW-Größe, das kleinste BHKW mit 1 kW elektrischer Leistung erzeugt 2 kW Wärmeleistung (Stromkennzahl 0,5), das größte BHKW mit 700 kW elektrischer Leistung erzeugt 1000 kW Wärmeleistung (Stromkennzahl 0,7)
- der Nutzungsgrad ergibt sich wie folgt:

Gas-BHKW	82 %	brennwertbezogen	91%	heizwertbezogen bei Gas
Öl-BHKW	82 %	brennwertbezogen	87%	heizwertbezogen bei Heizöl

- die BHKW-Wärmeleistung ergibt sich aus der Grundlast, die zu decken ist (Warmwassernutzen plus Wärmeverluste des Warmwassernetzes plus Nahwärmenetzverluste) und einem Zuschlag für die Heizung (10 % der maximalen Heizlast)
- das BHKW läuft 8000 h/a zur Deckung der Grundlastanteile und davon 5500 h/a im Heizbetrieb
- für alle neuen Erdleitungen, Heizungsleitungen und Trinkwarmwasserleitungen gilt die Ausführung in doppelter Dämmdicke, d.h. mit einem U-Wert von 0,15 W/(mK)
- als Temperaturen in den Netzen erden folgende Werte verwendet:

Warmwasser		60	°C				
Heizung Haus	heute	75	°C, V	43,9	°C, V, mittel		
	künftig	55	°C, R	37,0	°C, R, mittel	40	°C, mittel, im Hausnetz
Nahwärme	heute	60	°C, V	38,7	°C, V, mittel		
	künftig	40	°C, R	31,9	°C, R, mittel	35	°C, mittel, im Hausnetz
Nahwärme	heute	90	°C, V	90,0	°C, V, mittel		
	künftig	70	°C, R	70,0	°C, R, mittel	80	°C, mittel, Nahwärmenetz
Nahwärme	heute	80	°C, V	80,0	°C, V, mittel		
	künftig	60	°C, R	60,0	°C, R, mittel	70	°C, mittel, Nahwärmenetz

- aufgrund verringerter Temperaturen verlieren auch die bestehenden Nahwärmeleitungen künftig nur noch 86 % so viel Wärme!
- als Umgebungstemperaturen für Leitungs- und Speicherverluste werden der Keller mit 15°C gerechnet, das Erdreich mit 10°C
- Öl und Holz werden mindestens 3 x im Jahr gekauft und eingelagert (der Verbrauch ergibt sich aus der Energiebilanz), die maximale Lagermenge beträgt aber 50000 Liter Öl oder 50000 kg Holz
- die Öltankhöhe beträgt 2 m, die Holzlagerhöhe 2,5 m (das Lager- und Tankvolumen ergeben sich aus dem Verbrauch und der Tankrate)
- die Lagerräumflächen für Öltankräume sind 2 x so groß wie die Tankgrundfläche, bei Holz sind sie 2 x so groß wie die eigentliche Lagerfläche
- die Pufferspeichervolumina für Holzkessel, Wärmepumpen und BHKW ergeben sich aus der Leistung des Erzeugers:



- bis auf weiteres werden keine Annahmen zur Solarthermie getroffen. Die Lösung, welche insgesamt auch ohne Solarthermie am besten ist, wird anschließend mit Solarthermie getestet.
- Das bewirkt, dass die Solarthermie sich "in sich" rechnen muss und nicht von der sonstigen Technik "subventioniert" wird. Solarthermie und BHKW-Technik zusammen schließen sich jedoch aus, wegen der kritischen Sommermonate. Außerdem werden Solarthermieanlagen nicht für mittlere und große Inseln, sondern nur lokal untersucht.

## 2.4 Weitere wirtschaftliche Festlegungen

Für die Wirtschaftlichkeitsbewertung wurde festgelegt:

- Betrachtungszeitraum für alle Konzepte: 30 Jahre
- mittlerer Zins für die Investition: 4,5 %/a
- Annuität: 6,1 %/a
- Lebensdauern und Faktoren für Mehrfachinvestitionen innerhalb der 30 Jahre Betrachtungszeitraum siehe Tabelle
- dabei gilt als Preissteigerungsfaktor der Investitionen 2 %/a.

	Jahre	Faktor für Nachinvestition innerhalb on 30 Jahren
Kessel	20	1,55
BHKW	15	2,00
Wärmepumpe	15	2,00
Nahwärmeanschlüsse	30	1,00
Netze, Speicher, Abgasanlagen	30	1,00
Regelung, Pumpen	10	2,82

- Energiepreise und Kennwerte werden entsprechend nachfolgender Tabelle festgelegt:

	Preis kWh		Brennwert		Preis Menge	
Gas, brennwertbezogen	0,061	€/kWh	9,5	kWh/m <sup>3</sup>	0,580	€/m <sup>3</sup>
Heizöl, brennwertbezogen	0,063	€/kWh	10,6	kWh/l	0,668	€/l
Holzhackschnitzel, brennwertbezogen	0,028	€/kWh	4,3	kWh/kg	119	€/t
Holzpellets, brennwertbezogen	0,042	€/kWh	5,21	kWh/kg	220	€/t
Biowärme	0,024	€/kWh				
Strom, Allgemein	0,141	€/kWh				
Strom, Wärmepumpe	0,141	€/kWh				
Strom, Einspeisung BHKW	0,161	€/kWh				

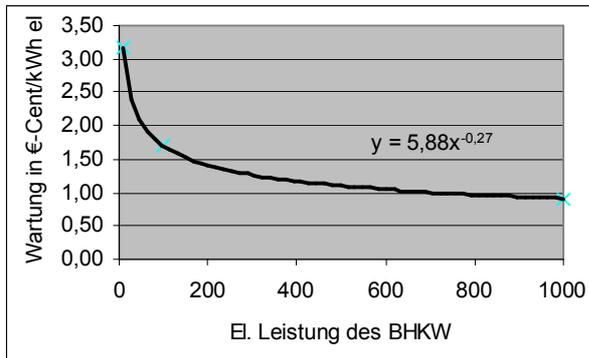
- für die Preissteigerungen der Energie wurden 2 Varianten betrachtet: eine geringe und eine hohe (derzeit seit 10 Jahren „normale“ Steigerungsrate“)
- der Unterschied zwischen Nominal- und Realverteuerung ergibt sich aus der Inflation

	nominal, min	Faktor	real	nominal, max	Faktor	real
Gas	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
Heizöl	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
Holzhackschnitzel	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
Holzpellets	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
Biowärme	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
Strom	0,050	2,17	0,026	0,090	4,40	0,051
	1/a		1/a	1/a		1/a

- die Instandhaltungssätze betragen:

Kessel Gas/Öl	0,035	1/a	
Kessel Holz	0,045	1/a	aus der Investitionssumme
Wärmepumpe	0,035	1/a	
Netze, Speicher, Lagerräume, Tanks, Anschlüsse:	0,005	1/a	

- für Blockheizkraftwerke ergibt sich die Wartung je nach BHKW-Größe als Zuschlag auf die erzeugte Energiemenge



## 3 Vorgehensweise und Auswertetabellen

Für die Liegenschaft und ihre Gebäude werden unterschiedliche Wärmeerzeugerarten energetisch und wirtschaftlich miteinander verglichen. Dabei werden nicht nur die heute vorhandene Zentralversorgung, sondern auch verschiedene Stufen der Dezentralisierung verglichen. Der nachfolgende Abschnitt erläutert die Dezentralisierungsgrade, die Wärmeerzeugerarten und stellt eine resultierende Auswertetabelle vor.

### 3.1 Stufen der (De)zentralisierung

Das Gelände der Stiftung wird zunächst in 6 Stufen verschieden stark zergliedert: zwischen einer Variante mit fast vollständiger Dezentralisierung bis hin zur heute vorhandenen Zentralversorgung. Die nachfolgenden Bilder zeigen dies, wobei die Farbgebung nur gewählt wurde, um die Gebiete abzugrenzen. Sonst haben die Farben keine Bedeutung. Jedes Gebiet bzw. jede Versorgungsinsel haben eine separate Heizzentrale.



**Bild 1 Kleinste Gruppen**

Die kleinsten Gruppen stellen den höchsten Grad der Dezentralisierung dar. Die Heizzentralen wurden so gelegt, dass es keine Wärmeverluste an das Erdreich gibt. Meist versorgt eine Zentrale nur ein Gebäude.



**Bild 2 Kleine Inseln**



**Bild 3 Mittlere Inseln**

Bei kleinen und mittleren Inseln wurden Gebäude zusammengefasst, so dass sich geringe Nahwärmenetzverluste ergeben und sich Gebäude ähnlicher Nutzung Zentralen teilen.



**Bild 4 Große Gebiete**

Die großen Gebiete teilen das Gelände so ein, dass sich 8 Heizzentralen ergeben.



**Bild 5 Fast vollständige Zentralisierung**

Lediglich an der Peripherie im Westen und Süden werden Gebäude einzeln versorgt.



**Bild 6 Zentralisierung wie heute**

Die fast vollständige Zentralisierung fasst das Kerngebiet der Liegenschaft zusammen, trennt jedoch die weit vom Kern liegende Peripherie ab. Der höchste Grad der Zentralisierung ist bereits heute gegeben.

Für jeden dieser Zusammenschlüsse von Gebäuden – einzeln bis alle – werden Energie- und Kostenkennwerte bestimmt, welche sich mit verschiedenen Erzeugungsalternativen verbinden.

### **3.2 Auswertetabellen für alle Energieversorgungsarten**

Für jeden Zusammenschluss von Gebäuden wurden aus den Grunddaten, sowie den weiteren technischen, energetischen und wirtschaftlichen Annahmen Energiebilanzen erstellt, Investitionskosten abgeschätzt und die Gesamtwirtschaftlichkeit bewertet. Am Beispiel der Gebäude "Bethanien" und "Wohnhaus II" wird die Vorgehensweise erläutert.

Die Grunddaten für die Gebäude nach Kapitel 2.1 für die beiden Gebäude werden als bekannt vorausgesetzt. Ebenso die Grunddaten für die Insel "Bethanien plus Wohnhaus II", da es sich nur um Summenbildung, Mittelwerte o. ä. handelt.

Weitere Daten und Kosten werden erhoben, bevor die Energiebilanz und Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgen.

#### **Netze**

Für jeden Zusammenschluss von Gebäuden wird anhand des Liegenschafts- und Nahwärmepfplans ermittelt, welche Leitungen des Nahwärmenetzes zu dieser Insel gehören. Hier sind es 228 m Rohr des Netzes mit heutigen Verlusten von gut 52.000 kWh/a, künftig bei abgesenkten Netztemperaturen geringer mit etwa 44.000 kWh/a. Für diese Leitungen werden Wartungskosten abgeschätzt (aus vergleichbaren Neukosten ergibt sich 2 €/m · a). Dies ist der Anteil dieser beiden Gebäude am heutigen Netz.

Mit ähnlicher Logik wird bestimmt, welche Leitungen aus dem Netz bei einer Insellösung weiterbenutzt werden können und welche Verluste diese Leitungen haben. Es reichen 64 m Rohr (die Verbindungsleitung zwischen den Gebäuden). Mit Verlusten von gut 12.000 kWh/a heute und etwa 10.000 kWh/a künftig. Gibt es noch keine Leitungen für eine Insellösung im Bestand werden neue Leitungslängen als Erdleitungen festgelegt. Bei dieser Insellösung sind keine neuen Leitungen notwendig.

Sofern innerhalb des Gebäudes weitere Leitungen für Heizung oder Trinkwarmwasser nötig werden, werden sie unten aufgeführt. Das ist z.B. beim Gebäude Asse der Fall, ein Gebäude mit heute 2 Heizzentralen, die künftig in einer zusammengeschlossen werden können. Dazu gehen heute Erdleitungen um das Gebäude herum, künftig würden sie durch das Gebäude führen.

Es wird die Länge einer notwendigen Gasleitung geschätzt, welche als Anschlussleitung der 2er-Insel an ein zentrales Gasnetz nötig wäre. Hier 44 Meter. Basis ist die Verlegung einer Gasstrasse, wo bislang die Nahwärmeleitung liegt. Die Kosten von 17.500 € werden nur für die gasbasierten Konzepte benötigt.

Hausname					Bethanien & Wohnhaus II
Netze	Bestands-Netz	Länge	heute	m	228
			künftig	kWh/a	51712
		Wartung		€	44325
	Weiterbenutzung Ist-Netz	Länge	heute	m	64
			künftig	kWh/a	12178
		Wartung		€	10438
	Erdleitungen	Länge		m	0
		Verluste	heute	kWh/a	0
			künftig	kWh/a	0
		DN	mittlerer	mm	24
	TWW-Leitungen	Kosten		€	0
		Länge		m	0
		Verluste		kWh/a	0
	Heizungsleitungen	Kosten		€	0
Länge			m	0	
Verluste		heute	kWh/a	0	
		künftig	kWh/a	0	
Gasleitungen	Kosten		€	0	
	Länge		m	44	
	Kosten		€	17512	

## Trinkwassersystem

Hinsichtlich der Warmwasserbereitung wird für die Insel entschieden, ob ein Speicher oder ein Durchlaufwarmwasserbereiter in Frage kommen. Dazu werden die Leistungen für Heizung und Trinkwarmwasser aufgelistet (hier: 25 kW, 118 kW, 11 kW - Erläuterungen nachfolgend).

Sofern ein Erzeuger, der nach der Heizlast ausgelegt würde (hier 25 kW) auch groß genug wäre, einen Durchlaufwarmwasserbereiter zu versorgen, wird ein solcher gewählt. Das konnte hier nicht erfolgen. Ansonsten fällt die Wahl auf den Speicher, was in diesem Fall erfolgt ist.

Es wurden in diesem Fall 2 Speicher (100 l, 200 l) gewählt und deren Wärmeverluste und Kosten bestimmt. Die Verlustbestimmung erfolgte nach den Gleichungen der DIN V 18599-8.

Die Berechnungstabelle gibt es gleichermaßen für die heutigen Bedingungen, jedoch hier nicht abgedruckt, weil sich die Erläuterungen gleichen.

Hausname				Bethanien	Wohnhaus II	Bethanien & Wohnhaus II		
TWW-Speicher	künftig	Heizleistung/TWW-Leistung	H	6	18	25		
			DL	118	58	118		
			SP	5	6	11		
	zentrale TWW-Speicher	I	Bereitschaftsverlust	kWh/d	1,49	1,98		
				Verluste	kWh/a	654	868	1523
				Kosten		4775	5311	10085
				zentrale TWW-DLE	kW	0	0	
	kleine TWW-Speicher	I	Kosten		0	0	0	
					0	0	0	

## Leistung der Erzeuger

Als Leistung, welche die Erzeuger abdecken müssen, dient der größere Wert aus entweder Heizleistung oder Trinkwasserleistung. In diesem Fall werden verglichen: 25 kW Heizleistung oder 11 kW Speicherladeleistung. Es wird ein Erzeuger mit 25 kW angenommen.

Die Grundleistung ergibt sich aus den Energiemengen für

- Trinkwarmwassernutzen (siehe Kapitel 2.1),
- Wärmeverluste der Leitungen im Gebäude (siehe Kapitel 2.1),
- Wärmeverluste der Nahwärmeleitungen zwischen den Gebäuden (siehe oben)
- Wärmeverluste der neuen Trinkwasserspeicher (siehe oben)

Diese Energiemengen werden in eine Dauerleistung umgerechnet (hier 3,5 kW), als ob ein Grundlasterzeuger sie durchlaufend erzeugen könnte (bis auf die Warmwasserspitzen ist dies auch so, und für die Spitzen gibt es die o. g. Puffer- und Trinkwasser-Speicher). Außerdem werden 10 % der maximalen Heizlast (hier 2,5 kW wegen 25 kW Heizlast) hinzuaddiert.

Es ergibt sich eine Größe für den Grundlasterzeuger von 6 kW. Der Spitzenerzeuger hat demzufolge 19 kW Leistung. Auch diese Berechnungstabelle gibt es gleichermaßen für die heutigen Bedingungen, jedoch hier nicht abgedruckt, weil sich die Erläuterungen gleichen.

Hausname				Bethanien	Wohnhaus II	Bethanien & Wohnhaus II	
Leistungen	künftig	monovalent	Leistung	kW	6	18	25
		Grundlast	Leistung	kW			6
		Spitzenlast	Leistung	kW			19

## Pufferspeicher

Für die Heizungspufferspeicher, welche bei den einzelnen Energiekonzepten benötigt werden, werden Volumina und Wärmeverluste sowie Kosten ermittelt. Die Verlustbestimmung erfolgte nach den Gleichungen der DIN V 18599-5.

Es gibt nur einen Pufferspeicher je Insel, der in der Nähe des Wärmeerzeugers aufgestellt wird. Die Leistung, welche für die Speicherbemessung jeweils zugrunde liegt, wird weiter unten erklärt. Es wird auch für die BHKW-Varianten die Gesamtleistung (hier 25 kW als künftige Leistung der Insel) verwendet.

Die Berechnungstabelle gibt es gleichermaßen für die heutigen Bedingungen, jedoch hier nicht abgedruckt, weil sich die Erläuterungen gleichen. Die Pufferspeicher fallen heute größer aus, weil auch die Kesselleistungen heute größer sind.

Hausname					Bethanien & Wohnhaus II
Pufferspeicher	künftig	Holz	Größe	l	1100
			Bereitschaftsverlust	kWh/d	5,0
			Verluste	kWh/a	2700
			Kosten	€	6380
		Wärmepumpe	Größe	l	200
			Bereitschaftsverlust	kWh/d	2,4
			Verluste	kWh/a	470
			Kosten	€	4065
		BHKW	Größe	l	300
			Bereitschaftsverlust	kWh/d	2,8
			Verluste	kWh/a	1512
			Kosten	€	4525

## Lager, Tanks und Schornsteine

Anschließend werden für die Insel die Kosten für evtl. notwendige Holzlagerräume, Raumneubauten (falls kein Raum vorhanden ist) sowie Gasanschluss- und Schornsteinkosten bestimmt. Auf die Werte wird in den Energiekonzepten zurückgegriffen, sofern die Komponenten benötigt werden..

Hausname				Bethanien & Wohnhaus II	
Lager/Tanks		neues Lager nötig?		nein	
Anschlüsse	künftig	Holz	Lagerumbau	m <sup>2</sup>	4
			Kosten	€	1400
			Raumneubau	m <sup>2</sup>	8
			Kosten	€	0
		Öltank	Tank	l	2458
			Kosten	€	6670
			Gebäude	m <sup>2</sup>	2
	Kosten	€	0		
		Gasanschluss	Kosten	€	9488
Schornstein		neuer Schornstein nötig?		nein	
	künftig	Komplett	Kosten	€	1400
		nur Rohr	Kosten	€	8

## Regelung und Pumpen

Es werden für alle Energiekonzepte die Kosten bestimmt, welche für die zentrale Regelung sowie Aufschaltung derselben auf eine zentrale Leittechnik voraussichtlich anfallen.

Für die Pumpe, welche die Insel mit Nahwärme versorgt, wird eine anteilige Energiemenge berechnet, welche jedoch vergleichsweise klein ist.

Hausname				Bethanien & Wohnhaus II
Regelung/Leittechnik		Kosten	€	7595
Pumpen	künftig	Druckgefälle Nahwärme	Pa	1920
		Volumenstrom	m <sup>3</sup> /s	0,00010
		(Zusatz)leistung	W	0
		Zusatzenergie	kWh/a	2

## Konzeptunabhängige Energiebilanz Wärme

Die für alle Energiekonzepte gleiche Energiemenge für Wärme wird anschließend berechnet. Sie enthält die Energiemengen, welche für Heizung der Gebäude und seiner Leitungen im Gebäude benötigt werden, außerdem die Mengen für die komplette Warmwasserbereitung sowie die Netzverluste zwischen den Gebäuden der Insel.

Für die Insel Bethanien und Wohnhaus II ergeben sich künftig knapp 69 MWh/a. Die Berechnungstabelle gibt es gleichermaßen für die heutigen Bedingungen, jedoch hier nicht abgedruckt, weil sich die Erläuterungen gleichen. Es ergibt sich für die unsanierten Gebäude ein Wert von 169 MWh/a.

Hausname				Bethanien & Wohnhaus II
Energiebilanz zentral ohne Pufferspeicher und Erzeuger	künftig	Heizwärmebedarf Gebäude	kWh/a	32489
		Verluste Rohre der Gebäude	kWh/a	5384
		zusätzliche Heizleitungen	kWh/a	0
		Nutzwärme WW Gebäude	kWh/a	13149
		Verluste Rohre der Gebäude	kWh/a	5792
		zusätzliche TWW-Leitungen	kWh/a	0
		zusätzliche TWW-Speicher	kWh/a	1523
		zusätzliche Nahwärmeleitungen	kWh/a	0
		vorhandene Nahwärmeleitungen	kWh/a	10438
		Summe	kWh/a	68774

## Energiebilanz Strom

Ebenfalls in allen Energiekonzepten gleich sind die Strommengen, welche heute und künftig für Heizung und Warmwasserbereitung sowie alle Pumpen etc. benötigt würden (hier ca. 700 kWh/a) sowie für den Bedarf der Bewohner selbst (hier ca. 17 MWh/a).

Diese Menge führt erstmals zu – farbig markierten – Zwischenergebnissen. Dies sind die Endenergie selbst (gelb), die Primärenergiekennwerte und CO<sub>2</sub>-Äquivalente (bei heutigen und künftigen Primärenergiefaktoren für Strom, helles und mittleres orange) sowie die Energiekosten bei drei Preissteigerungen (hellrot).

Auch diese Zahlen gibt es ebenso für den heutigen, unmodernisierten Zustand der Gebäude in einer identisch aussehenden Tabelle.

Hausname				Bethanien & Wohnhaus II
Energiebilanz Strom	künftig	Endenergie WW-Strom	kWh/a	0
		Endenergie H-Strom	kWh/a	0
		Hilfsstrom	kWh/a	702
		Reststrom, Gebäude	kWh/a	17354
		Summe	kWh/a	18056
		Primärenergie, heute	kWh/a	46946
		Primärenergie, künftig	kWh/a	10834
		CO <sub>2</sub> , heute	t/a	11
		CO <sub>2</sub> , mittel	t/a	3
		Energiekosten, heute	€/a	2546
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a	5514
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a	11195

## Zusammenstellung der Peripheriekosten

Eine dritte, für alle Energiekonzepte gleichermaßen geltende Tabelle, listet die Kosten für Peripherie auf, welche in jedem Fall benötigt wird. Das sind bei der Insel "Bethanien + Wohnhaus II": Trinkwasserspeicher, Regelung/Gebäudeautomation sowie 2 Nahwärmeanschlüsse bzw. Wärmeübertrager.

Die Peripherieinvestitionskosten (lachsfarben) von knapp 18.000 € werden mit einem Faktor für Nachinvestition belegt, weil nicht alle Komponenten 30 Jahre halten (incl. Nachinvestition: rosa). Es ergeben sich daraus die Jahreskosten von 1934 €/a (dunkelrot) sowie Wartungskosten von 88 €/a (pink). Die für das Endergebnis wichtigen Punkte sind verschiedenfarbig gekennzeichnet, damit die Summenbildung leichter nachvollziehbar ist.

Die Kosten für Nahwärmeanschlüsse sind pauschal in die Berechnung eingefügt. Ob später tatsächlich zwei Nahwärmeübergabestationen bei einem Verbund von nur zwei Gebäuden erstellt werden, bleibt offen. In jedem Fall müssen die Hausanlagen jeweils eine eigene Hydraulik und Regelung bekommen, welche dann für diese Summe angeschafft werden kann.

Hausname			Bethanien	Wohnhaus II	Bethanien & Wohnhaus II	
Peripheriekosten	künftig	Erdleitungen	€		0	
		TWW-Leitungen	€		0	
		Heizleitungen	€		0	
		TWW-Speicher, zentral	€		10085	
		TWW-Durchlauf, zentral	€		0	
		Kleinspeicher/EI-DLE	€		0	
		Regelung	€		7595	
		Investitionssumme	€		17680	
		mit Nachinvestition	€		31505	
		Jahreskosten	€/a		1934	
Wartungskosten	€/a		88			
Nahwärmeanschlüsse	künftig	neuen Anschluss vorsehen? mit Warmwasser?		1	1	ja
		Kosten, ohne WW	€	0	0	0
		Kosten, mit WW	€	3546	4992	8539
		Investitionssumme	€			8539
		mit Nachinvestition	€			8539
		Jahreskosten	€/a			524
		Wartungskosten	€/a			43

Auch diese Tabelle gibt es mit den Zahlen für die heutigen Bedingungen, jedoch hier nicht abgedruckt, weil sich die Erläuterungen gleichen.

### 3.3 Auswertetabellen für die verschiedenen Erzeuger

Auf Basis der erstellten Grunddaten erfolgt nun für die einzelnen Erzeuger eine Erläuterung der weiteren Berechnungen.

#### Gasbrennwertkessel

Die Gebäude "Bethanien & Wohnhaus II" haben einen Wärmebedarf von 68.774 kWh/a nach einer künftigen Modernisierung und incl. aller Leitungsverluste, auch zwischen den Gebäuden. Der Gasbrennwertkessel mit einem Jahresnutzungsgrad von 88 % benötigt dafür eine brennwertbezogene Gasmenge von 78.153 kWh/a.

Daraus ergeben sich – heutiges Erdgas vorausgesetzt – eine Primärenergie (helles orange) von 85.968 kWh/a oder 20 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalent (dunkles orange). Bei künftigen Biogasbetrieb verringern sich die Werte deutlich auf 46.892 kWh/a bzw. 4 t/a. Die mittleren Energiekosten (hellrot) liegen je nach unterstellter Preissteigerung zwischen 4771 €/a ohne Preissteigerung wie heute oder 20.981 €/a mit Preissteigerung der letzten 10 Jahre.

Hausname			Bethanien & Wohnhaus II
1) Gas-BW	künftig	Wärmeproduktion	kWh/a 68774
		Nutzungsgrad	- 0,88
		Endenergie Gas	kWh/a 78153
		Primärenergie, heute	kWh/a 85968
		Primärenergie, künftig	kWh/a 46892
		CO <sub>2</sub> , heute	t/a 20
		CO <sub>2</sub> , mittel	t/a 4
		Energiekosten, heute	€/a 4771
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a 10335
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a 20981

Für die Brennwertkesselvariante ergeben sich Kosten für die Gasleitung, den Gasanschluss, den Einzug eines Abgasrohres in den vorhandenen Schornstein. Die Investitionskosten betragen 37.235 €/a als Erstinvestition (lachsfarben). Da nicht alle Komponenten 30 Jahre Lebensdauer aufweisen, beträgt die Gesamtinvestition für 30 Jahre 42.046 € (rosa; Faktor für Nachinvestition des Kessels 1,55 – alle anderen Positionen ohne Faktor). Wird diese Summe in gleiche jährliche Raten umgerechnet ergibt sich mit dem unterstellten Zins ein Jahreskennwert von 2581 €/a (dunkelrot).

Die Wartungskosten ergeben sich aus den Investitionskosten. Auf den Kessel werden 3,5 %/a für Wartung angesetzt, alle anderen Positionen werden mit 0,5 %/a Wartung angesetzt. Die Summe liegt bei 449 €/a (pink).

				Bethanien & Wohnhaus II
Investition	Hausname			
		Gasleitung	€	17512
		Gasanschluss	€	9488
		Schornstein	€	0
		Abgasrohr	€	1478
		Kessel	€	8757
		Investitionssumme	€	37235
	mit Nachinvestition	€	42046	
Wartung	Jahreskosten		€/a	2581
	Jahreskosten		€/a	449

Diese Zusammenstellung gibt es identisch auch für den Gasbrennwertkessel in heute unsanierten Gebäuden. Die Erläuterung dafür ergibt sich analog, nur mit anderen Zahlen.

### Ölkessel, Wärmepumpe, Holzkessel

Außerdem wurden vergleichbare Tabellen auch für die Wärmeerzeugung mit Ölkessel, Wärmepumpe und Holzkessel erstellt. Nur die Änderungen gegenüber der Version mit Gas-kessel sollen nachfolgend kurz erläutert werden.

Bei Ölbrennwertkesseln setzen sich die Investitionskosten anders zusammen, siehe Tabelle. Für die Insel "Bethanien & Wohnhaus II" ergeben sich die für dieses Konzept speziellen Kosten nur aus dem Öltank (der Aufstellraum ist vorhanden), einem Abgasrohr (der Schornstein ist vorhanden) und dem Kessel selbst.

				Bethanien & Wohnhaus II	
2) Öl-BW	künftig	Investition	Hausname		
			Tankraum	€	0
			Tank	€	6670
			Schornstein	€	0
			Abgasrohr	€	1478
			Kessel	€	10361

Bei der Wärmepumpe wird zunächst festgelegt, welche Art Wärmepumpe betrachtet werden soll. Im Falle der modernisierten Insel "Bethanien & Wohnhaus II" eine Außenluft-Wärmepumpe. Diese Art wird am häufigsten vorgeschlagen, weil sie mit geringen Investitionen auskommt. Die Erdreichwärmepumpe wird nur eingesetzt, wenn ausreichend Platz für die Sonden in der Nähe vorhanden ist. Davon wird bei dieser Insel nicht ausgegangen. Die nur in diesem Konzept auftretenden Investitionskosten betreffen daher nur den Pufferspeicher und die Wärmepumpe selbst.

Hausname					Bethanien & Wohnhaus II
Typ Wärmepumpe					Luft
5) Wärmepumpe	künftig	Investition	Pufferspeicher	€	4065
			Erdsonden	€	0
			Wärmepumpe	€	30334

Bei Holzkesseleln wird vorab festgelegt, ob es sich um eine Pelletfeuerung oder einen Hackschnitzelkessel handeln soll. Bei Kleinanlagen bis etwa 100 kW oder in Gebäuden/Inseln mit wenig Lagerplatz werden Pelletanlagen angesetzt, sonst Hackschnitzelanlagen. Für die Insel "Bethanien & Wohnhaus II" wird daher die Pelletfeuerung gewählt – weil es sich um eine Kleinanlage handelt. Die nur in diesem Konzept auftretenden Kosten betreffen den Umbau eines schon vorhandenen Raumes zum Pelletlager, den Einzug eines Abgasrohres in den vorhandenen Schornstein, einen Pufferspeicher und den eigentlichen Kessel samt Pelletförderertechnik.

Hausname					Bethanien & Wohnhaus II
Typ Holzessel					Pellets
6) Holzessel	künftig	Investition	Lageraum	€	0
			Umbau Lager	€	1400
			Schornstein	€	0
			Abgasrohr	€	1478
			Pufferspeicher	€	6380
			Kessel	€	22138

## BHKW-Lösungen

Abweichend von den Lösungen mit einem Erzeuger werden hier die Energiemengen und Investitionskosten für zwei Erzeuger bestimmt. Außerdem wird die Strommenge berechnet, die mit dem BHKW parallel zur Wärme erzeugt wird. Am Beispiel der Versorgung der modernisierten Gebäude "Bethanien & Wohnhaus II" wird die Berechnung erläutert.

Die beiden Gebäude benötigen zusammen eine Wärmemenge von 68.775 kWh/a für den Nutzbedarf und alle Leitungsnetze sowie die Trinkwasserspeicher. Dazu sind in dieser Variante die Wärmeverluste des Pufferspeichers zu decken (1512 kWh/a). Insgesamt sind daher 70.286 kWh/a Wärme herzustellen.

Das BHKW kann bei der unterstellten Laufzeit (siehe Kapitel 2.3, 8000 h/a im Grundlastbetrieb, 5500 h/a im Heizbetrieb) und seiner Leistung von 6 kW (siehe Kapitel 3.2, etwa 2,5 kW für Heizbetrieb, Rest für Grundlast) 40.322 kWh/a davon liefern. Für die Wärmeproduktion hat das BHKW mit einem angenommen Nutzungsgrad von 82 % einen brennwertbezogenen Gasaufwand von 49.173 kWh/a.

Der Spitzenkessel produziert die restlichen 29.964 kWh/a mit einem Nutzungsgrad von 88 % und benötigt dafür 34.051 kWh/a Gas. Die Endenergie für beide Aufwendungen zusammen werden – wie beim Gasbrennwertkessel erläutert – umgerechnet in Primärenergie, CO<sub>2</sub>-Äquivalente und Energiekosten.

Hausname			Bethanien & Wohnhaus II
3) Gas-BHKW	künftig	Wärme ab Zentrale	kWh/a 68774
		Pufferspeicher	kWh/a 1512
		Wärmeproduktion	kWh/a 70286
		Wärmeproduktion, BHKW	kWh/a 40322
		Nutzungsgrad, BHKW	- 0,82
		Endenergie, BHKW	kWh/a 49173
		Wärmeproduktion, Kessel	kWh/a 29964
		Nutzungsgrad, Kessel	- 0,88
		Endenergie, Kessel	kWh/a 34051
		Endenergie Gas	kWh/a 83224
		Primärenergie, heute	kWh/a 91546
		Primärenergie, künftig	kWh/a 49934
		CO2, heute	t/a 21
		CO2, mittel	t/a 5
		Energiekosten, heute	€/a 5081
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a 11005
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a 22343

Für das BHKW ergibt sich – aufgrund seiner kleinen Leistung – eine Stromkennzahl von 0,51. Das heißt in der Berechnung, für jede Kilowattstunde Wärme werden 0,51 Kilowattstunden Strom produziert. Das sind in diesem Fall 20.192 kWh/a. Die sich ergebende Endenergie für Erdgas folgt ebenfalls aus dem Nutzungsgrad von 82 % für das Gerät.

Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass der produzierte Strom entweder selbst genutzt wird oder verkauft. Jedenfalls reduziert er die Energiebilanz, CO<sub>2</sub>-Bilanz und die Energiekosten.

Hausname			Bethanien & Wohnhaus II
		Stromkennzahl, BHKW	- 0,501
		Stromproduktion, BHKW	kWh/a 20192
		Endenergie Gas	kWh/a 24624
		Primärenergie, heute	kWh/a 27086
		Primärenergie, künftig	kWh/a 14774
		CO2, heute	t/a 6
		CO2, mittel	t/a 1
		Energiekosten, heute	€/a 1503
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a 3256
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a 6611
		Wegfall Endenergie Strom	kWh/a -20192
		Primärenergie, heute	kWh/a -52499
		Primärenergie, künftig	kWh/a -12115
		CO2, heute	t/a -13
		CO2, mittel	t/a -3
		Energiekosten, heute	€/a -3251
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a -7041
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a -14901

Für die BHKW-Lösung ergeben sich die Investitionskosten wie beim Gaskessel, jedoch zusätzlich werden ein Pufferspeicher und das BHKW finanziert. Die Investitionskosten werden in Jahreskosten umgerechnet – wie beim Gaskessel erläutert.

Die Wartungskosten ergeben sich hier ebenfalls wie bei der Gaskesselvariante, jedoch werden für das BHKW Wartungskosten je nach produzierte Strommenge und BHKW-Größe angesetzt.

Das BHKW hat eine elektrische Leistung von 2,9 kW (Stromkennzahl 0,588). Das bedeutet, dass sich die Wartungskosten auf ca. 4,4 €-cent je erzeugte elektrische Kilowattstunde belaufen (siehe Kapitel 2.4). Es werden 20.192 kWh/a Strom produziert. Das führt zu 890 €/a Wartung allein für das BHKW. Die Jahreswartungskosten liegen für alle Komponenten der Zentrale bei 1323 €/a.

Hausname			Bethanien & Wohnhaus II
Investition	Gasleitung	€	17512
	Gasanschluss	€	10296
	Schornstein	€	0
	Abgasrohr	€	1478
	Pufferspeicher	€	4525
	BHKW	€	38510
	Kessel	€	7530
	Investitionssumme	€	79851
	mit Nachinvestition	€	122497
	Jahreskosten	€/a	7520
Wartung	Jahreskosten	€/a	1323

Für ein Öl-BHKW ergibt sich die Berechnung analog, jedoch mit den Investitionskosten, die bei Heizölbetrieb notwendig sind. Außerdem ist die Berechnung wie üblich komplett auch für die heute noch nicht modernisierten Objekte vorhanden, wird hier aber nicht weiter beschrieben, weil sie lediglich die Zahlen ändern.

### Betrieb der Bestandsanlage

Zum Vergleich wird für jedes Gebäude oder jede Insel der Anteil an Energiemengen, Kosten usw. bestimmt, der sich ergeben würde, wenn die Versorgung so beibehalten würde. Für künftig modernisierte Gebäude "Bethanien & Wohnhaus II" ergibt sich nachfolgende Zusammenstellung. Die erforderliche Wärmeproduktion für diese beiden Gebäude liegt bei 101.138 kWh/a (zum Vergleich: wenn die Gebäude dezentral als Insel versorgt werden würden, läge der Wert bei 68.774 kWh/a, s. o.). Dieser Wert schließt die Nahwärmeleitungen mit ein, die als Anschlussleitungen dieser beiden Gebäude verlegt sind.

Hinsichtlich der Investitionskosten wird der Zentralkessel anteilig angesetzt. Es wird dabei unterstellt, dass ein Kessel innerhalb der nächsten 30 Jahre erforderlich sein wird. Analoges gilt für die Wartungskosten.

Hausname			Bethanien & Wohnhaus II	
7) Bestand	künftig	Wärmeproduktion	kWh/a	101138
		Nutzungsgrad	-	0,85
		Endenergie Gas	kWh/a	118986
		Primärenergie, heute	kWh/a	130884
		Primärenergie, künftig	kWh/a	71392
		CO2, heute	t/a	30
		CO2, mittel	t/a	7
		Energiekosten, heute	€/a	7264
		Energiekosten, künftig, niedrig	€/a	15735
		Energiekosten, künftig, hoch	€/a	31944
	Investition	Kessel	€	1075
		Investitionssumme	€	1075
		mit Nachinvestition	€	1075
		Jahreskosten	€/a	66
	Wartung	Jahreskosten	€/a	40

### 3.4 Überblick der Ergebnisse

Die Auswertetabelle gibt für die Gebäude und Gebäudezusammenschlüsse jeweils eine Übersicht der Ergebnisse der einzelnen Lösungen. Am Beispiel der Insel "Bethanien & Wohnhaus II" wird eine solche Übersicht erläutert.

Für jede Art Wärmeerzeuger wird die Endenergiemenge (getrennt nach Energieträgern und als Summe; gelb) angegeben. Daraus abgeleitet die Primärenergie (helles orange) und das CO<sub>2</sub>-Äquivalent (dunkles orange) – jeweils bei heutigem und künftigem Energieträgermix. Außerdem sind die Investitionen ohne und mit Nachinvestition dargestellt (lachsfarben, rosa).

Der nächste Block von Zahlen zeigt die Jahreskosten, getrennt nach Energiekosten (helles rot), Kapitalkosten (dunkles rot) und Wartungskosten (pink). Der Block der Gesamtkosten (blau) ergibt sich als Summe der letztgenannten drei.

Hausname					Bethanien & Wohnhaus II
B) Modernisierte Gebäude	1) Gas-BW	Endenergie	Gas	kWh/a	78.153
			Strom	kWh/a	18.056
			Summe	kWh/a	96.209
		Primär	heute	kWh/a	132.914
			künftig	kWh/a	57.725
		CO2	heute	t/a	31
			künftig	t/a	7
		Investition	heute	€	63.454
			mit Nachinvestition	€	82.090
		Energiekosten	heute	€/a	7.317
			künftig, niedrig	€/a	15.849
			künftig, hoch	€/a	32.177
		Kapitalkosten		€/a	5.040
		Wartung		€/a	577
		Summe	heute	€/a	12.934
künftig, niedrig	€/a		21.466		
künftig, hoch	€/a		37.793		
	2) Öl-BW	Endenergie	Heizöl	kWh/a	78.153
			Strom	kWh/a	18.056
			Summe	kWh/a	96.209
		Primär	heute	kWh/a	132.914
			künftig	kWh/a	57.725
		CO2	heute	t/a	37
			künftig	t/a	7
		Investition	heute	€	44.728
			mit Nachinvestition	€	64.245
		Energiekosten	heute	€/a	7.471
			künftig, niedrig	€/a	16.182
			künftig, hoch	€/a	32.852
		Kapitalkosten		€/a	3.944
		Wartung		€/a	531
		Summe	heute	€/a	11.946
künftig, niedrig	€/a		20.658		
künftig, hoch	€/a		37.328		

				Bethanien & Wohnhaus II
		Hausname		
3) Gas-BHKW	Endenergie	Gas	kWh/a	107.848
		Strom	kWh/a	-2.136
		Summe	kWh/a	105.712
	Primär	heute	kWh/a	113.080
		künftig	kWh/a	63.427
	CO2	heute	t/a	26
		künftig	t/a	6
	Investition	heute	€	106.070
		mit Nachinvestition	€	162.541
	Energiekosten	heute	€/a	5.879
		künftig, niedrig	€/a	12.735
		künftig, hoch	€/a	25.854
	Kapitalkosten		€/a	9.979
	Wartung		€/a	1.451
Summe	heute	€/a	17.309	
	künftig, niedrig	€/a	24.164	
	künftig, hoch	€/a	37.283	
4) Öl-BHKW	Endenergie	Heizöl	kWh/a	107.848
		Strom	kWh/a	-2.136
		Summe	kWh/a	105.712
	Primär	heute	kWh/a	113.080
		künftig	kWh/a	63.427
	CO2	heute	t/a	34
		künftig	t/a	6
	Investition	heute	€	95.987
		mit Nachinvestition	€	162.870
	Energiekosten	heute	€/a	6.091
		künftig, niedrig	€/a	13.194
		künftig, hoch	€/a	26.786
	Kapitalkosten		€/a	9.999
	Wartung		€/a	1.395
Summe	heute	€/a	17.485	
	künftig, niedrig	€/a	24.588	
	künftig, hoch	€/a	38.180	
5) Wärmepumpen	Endenergie	Strom	kWh/a	23.107
		Strom	kWh/a	18.056
		Summe	kWh/a	41.164
	Primär	heute	kWh/a	107.025
		künftig	kWh/a	24.698
	CO2	heute	t/a	26
		künftig	t/a	6
	Investition	heute	€	60.618
		mit Nachinvestition	€	104.777
	Energiekosten	heute	€/a	5.804
		künftig, niedrig	€/a	12.572
		künftig, hoch	€/a	25.522
	Kapitalkosten		€/a	6.432
	Wartung		€/a	1.210
Summe	heute	€/a	13.446	
	künftig, niedrig	€/a	20.214	
	künftig, hoch	€/a	33.165	

Hausname				Bethanien & Wohnhaus II
6) Holz	Endenergie	Holz	kWh/a	102.106
		Strom	kWh/a	18.056
		Summe	kWh/a	120.162
	Primär	heute	kWh/a	67.367
		künftig	kWh/a	31.255
	CO2	heute	t/a	17
		künftig	t/a	8
	Investition	heute	€	57.616
		mit Nachinvestition	€	83.603
	Energiekosten	heute	€/a	6.857
		künftig, niedrig	€/a	14.853
		künftig, hoch	€/a	30.155
	Kapitalkosten		€/a	5.132
	Wartung		€/a	1.124
	Summe	heute	€/a	13.114
künftig, niedrig		€/a	21.110	
künftig, hoch		€/a	36.411	
7) Bestandsanlage	Endenergie	Heizöl	kWh/a	118.986
		Strom	kWh/a	18.056
		Summe	kWh/a	137.042
	Primär	heute	kWh/a	177.830
		künftig	kWh/a	82.225
	CO2	heute	t/a	42
		künftig	t/a	9
	Investition	heute	€	27.294
		mit Nachinvestition	€	41.119
	Energiekosten	heute	€/a	9.810
		künftig, niedrig	€/a	21.249
		künftig, hoch	€/a	43.139
	Kapitalkosten		€/a	2.524
	Wartung		€/a	168
	Summe	heute	€/a	12.503
künftig, niedrig		€/a	23.941	
künftig, hoch		€/a	45.831	

Die Zusammenstellung gibt es – wie immer – auch für die heute noch nicht modernisierten Gebäude in gleicher Optik, nur mit anderen Zahlen. Anhand dieser Tabelle kann entschieden werden, welche der 7 Lösungen sich als die beste für die Insel oder das Gebäude darstellt.

## 4 Versorgung der Peripherie

Ziel der Untersuchung der Objekte entlang der Peripherie der Liegenschaft Neuerkerode ist, die Objekte zu identifizieren, für die eine dezentrale Versorgung langfristig ökologisch und wirtschaftlich sinnvoller ist als die heutige Versorgung.

In erster Linie wird also untersucht, ob die Nahwärmeleitungen an den bzw. zu den Rändern des Dorfes hin langfristig Bestand haben. Grundlage für diese Untersuchung sind baulich modernisierte Gebäude, denn spätestens dann wird eine Nahwärmeversorgung ggf. unwirtschaftlich bzw. unökologisch, weil der Nutzenergiebedarf sehr gering ist.

Die Untersuchung einer Abkopplung von heute unmodernisierten Gebäuden vom Netz erfolgt nicht, weil die dann notwendigen autarken Wärmeerzeuger unnötig groß ausfallen würden. Außerdem sind die Verluste von Netzen eher tolerierbar, wenn der gelieferte Bedarf groß ist.

Die Untersuchung der Abkopplung von Gebäuden umfasst im gleichen Schritt die Frage, wie die Objekte künftig versorgt werden, falls eine Abkopplung sinnvoll ist: mit Holz, Wärmepumpen, Gas- oder Ölkessel sowie unter Einbindung von Blockheizkraftwerken.

Verglichen werden somit jeweils alle möglichen Versorgungsalternativen miteinander, zentrale Nahwärmeversorgung oder dezentrale Versorgung sowie ggf. Inselösungen an der Peripherie. Für alle Netzverbundgrößen werden o. g. Wärmeerzeuger untersucht.

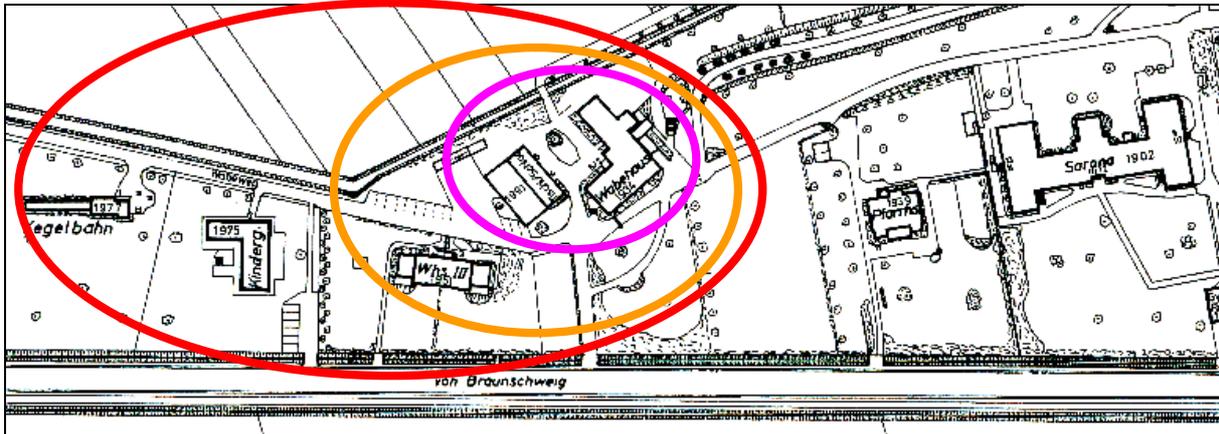
Die Untersuchung beginnt im Westen der Liegenschaft mit der Kegelbahn. Entgegen des Uhrzeigersinns werden alle Objekte an der Peripherie entlang untersucht.

**KURZFASSUNG:** es wird festgestellt, welche Gebäude der Peripherie Neuerkerodes nach einer baulichen Modernisierung besser autark oder in Inseln versorgt werden, d.h. vom zentralen Nahwärmenetz getrennt werden. Bei Netztrennung wird ein ökonomisch und ökologisch sinnvoller Erzeuger bestimmt.

## 4.1 Außengebiet West

Zu dem Gebiet zählen folgende Objekte:

- Kegelbahn
- Kindergarten
- Wabehaus
- Wabeweg 3/3a
- Tischlerei/Schlosserei



**Bild 7 Außenbereich West**

### 1. Schritt: Inselbildung

Es wird geprüft, ob es sinnvoller ist, die Gebäude einzeln oder als Inseln zusammengeschlossen zu versorgen. Es ergibt sich folgende Gruppenbildung von 5 Einzelgebäuden bis zur vollständigen Zusammenfassung in Stufen:

- Stufe 1: alle Gebäude einzeln (ohne Markierung in Bild 7)
- Stufe 2: Tischlerei/Schlosserei plus Wabehaus zusammen, Rest einzeln (Farbe: rosa in Bild 7)
- Stufe 3: Tischlerei/Schlosserei, Wabehaus, Wabeweg 3/3a zusammen, Rest einzeln (Farbe: orange in Bild 7)
- Stufe 4: alle zusammen (Farbe: rot in Bild 7)

Jedes Einzelgebäude bzw. jede Gruppe weist jeweils eine Heizzentrale auf. Sobald mehrere Gebäude zusammengeschlossen werden, ergeben sich Erdleitungen und deren Verluste. Es werden ggf. die vorhandenen Nahwärmeleitungen im Erdreich weiterbenutzt.

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung der folgenden Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme danach einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Pfarrhaus als zu diesem Außengebiet zugehörig)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation entsprechender Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen der Gebäude) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern ein Gebäude derzeit keinen Schornstein hat, werden Kosten für die Neuerrichtung angesetzt. Gleiches gilt für Holz- oder Öllagerräume. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – Alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kegelbahn	Kindergarten	Tischlerei/Schlosserei	Wabehaus	Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	10.465	14.305	22.105	50.296	30.426	127.596
Öl-Brennwert	9.459	12.073	21.334	49.312	30.100	122.279
Gas-BHKW	12.354	16.268	24.110	48.399	30.564	131.695
Öl-BHKW	11.836	14.659	24.211	49.018	31.475	131.199
Wärmepumpe	9.487	11.710	19.116	43.360	27.352	111.025
Holz	10.989	13.665	21.843	47.019	29.623	123.139
Beste Lösung	9.459	11.710	19.116	43.360	27.352	110.997

**Tabelle 1 Außengebiet West – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Würden alle Gebäude mit einem Erzeuger einzeln versorgt, entfielen alle Erdleitungen. Die Wärmepumpe ist für jedes Objekt einzeln der günstigste Erzeuger – Ausnahme: die Kegelbahn mit Öl-Brennwerttechnik. Hier fallen verglichen mit den anderen Lösungen geringe Investitionen an. Die BHKW-Lösungen werden erst bei größeren Modulen interessant. Gas ist vergleichsweise uninteressant in dem Randgebiet, weil die Leitungsverlegung dorthin teuer ist.

### STUFE 1 – Alle Gebäude einzeln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kegelbahn	Kindergar-ten	Tischlerei/ Schlosserei	Wabehaus	Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	7	9	17	43	26	102
Öl-Brennwert	8	10	21	52	30	121
Gas-BHKW	7	8	16	36	21	89
Öl-BHKW	8	10	20	48	28	114
Wärmepumpe	5	7	13	37	22	84
Holz	4	5	8	23	13	55
Gewählte Lösung	8	7	13	37	22	86

**Tabelle 2 Außengebiet West – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Der Erzeuger mit der geringsten CO<sub>2</sub>-Menge ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte Holz. Die Wärmepumpenlösung ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte die zweitbeste. Langfristig werden Elektrowärmepumpen und Holz sich angleichen, weil Strom regenerativer wird. Es gibt in der STUFE 1 keine Nahwärmenetzverluste, d.h. für jede Art der Wärmeversorgung ist die minimale CO<sub>2</sub>-Menge zu erkennen.

### STUFE 2 – kleine Insel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Tischlerei & Schlosserei & Wabehaus	Kegelbahn	Kindergarten	Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	71.421	10.465	14.305	31.060	127.250
Öl-Brennwert	71.164	9.459	12.073	30.100	122.796
Gas-BHKW	68.033	12.354	16.268	31.198	127.853
Öl-BHKW	69.695	11.836	14.659	31.475	127.665
Wärmepumpe	60.723	9.487	11.710	27.352	109.272
Holz	54.787	10.989	13.665	29.623	109.064
Beste Lösung	54.787	9.459	11.710	27.352	103.308
Zweitbeste Lösung	54.787	9.487	11.710	29.623	105.579

**Tabelle 3 Außengebiet West – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Für die beiden zusammengeschlossenen Gebäude Tischlerei/Schlosserei und Wabehaus ist die Lösung mit dem Holzkessel die günstigste. Die Investitionen sinken insgesamt, weil die Anzahl der Heizzentralen sinkt.

BHKW-Lösungen werden vergleichsweise günstiger, weil die Versorgungseinheiten größer werden. Gas ist immer noch vergleichsweise teuer. Als "zweitbeste Lösung" wurde eine Variante mit Holzkessel für das Gebäude "Wabeweg 3/3a" ausgewertet.

### STUFE 2 – kleine Insel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Tischlerei & Schlosserei & Wabehaus	Kegelbahn	Kindergarten	Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	61	7	9	26	103
Öl-Brennwert	73	8	10	30	122
Gas-BHKW	52	7	8	21	89
Öl-BHKW	68	8	10	28	115
Wärmepumpe	51	5	7	22	84
Holz	32	4	5	13	55
Gewählte Lösung	32	5	7	22	66
Zweitbeste Lösung	32	5	7	13	58

**Tabelle 4 Außengebiet West – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Die CO<sub>2</sub>-Mengen steigen insgesamt bei allen Lösungen an, weil Nahwärmenetzverluste hinzukommen. Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass (außer bei der Bestandsanlage) jeweils etwa 1 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken – bei heutigem und künftigem Dämmniveau der Gebäude.

Die Holzlösung bleibt in punkto CO<sub>2</sub> bezogen auf heutige Emissionskennwerte die beste. Die betriebswirtschaftlich günstigste Lösung als Kombination aus Holz und Wärmepumpe liegt noch um etliches über dem Minimum. Jedoch liegt die zweitbeste Lösung bereits sehr nahe am Minimum der reinen Holzlösung.

### STUFE 3 – mittlere Insel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Tischlerei/Schlosserei & Wabehaus & Wabeweg 3/3a	Kegelbahn	Kindergarten	Summe
Gas-Brennwert	109.529	10.465	15.732	135.725
Öl-Brennwert	107.939	9.459	12.073	129.471
Gas-BHKW	98.743	12.354	17.695	128.792
Öl-BHKW	99.903	11.836	14.659	126.399
Wärmepumpe	89.860	9.487	11.710	111.058
Holz	79.605	10.989	13.665	104.260
Beste Lösung	79.605	9.487	11.710	100.803

**Tabelle 5 Außengebiet West – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Die Lösung mit dem Zusammenschluss von drei Gebäuden ist nach den Berechnungen marginal günstiger. Die größeren Erdreichverluste werden immer noch durch die nun geringen Investitionen aufgefangen – es gibt nur noch 3 statt 4 Heizzentralen. Die BHKW-Lösungen sind nun bedeutend interessanter als die reinen Gas- und Ölkessellösungen, kommen aber nicht an die Holzkessellösung oder die Wärmepumpe heran. Für eine spätere Entscheidungsfindung sollten nach Auswahl von zwei oder drei Alternativlösungen für diese auf jeden Fall konkrete Angebote eingeholt werden. Weiterhin sind vor einer Entscheidung für eine Versorgungsstrategie die technischen und wirtschaftlichen Parameter, v. a. auch in Anpassung an aktuelle Förderprogramme (wesentlich im Bereich der Einspeisung von KWK-Strom), anzupassen

### STUFE 3 – Mittlere Insel

STUFE 3 – Mittlere Insel CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Tischlerei/Schlosserei & Wabehaus & Wabeweg 3/3a	Kegelbahn	Kindergarten	Summe
Gas-Brennwert	96	7	9	111
Öl-Brennwert	115	8	10	133
Gas-BHKW	78	7	8	93
Öl-BHKW	105	8	10	123
Wärmepumpe	78	5	7	90
Holz	48	4	5	57
Gewählte Lösung	48	5	7	60

**Tabelle 6 Außengebiet West – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass bei künftigem Dämmniveau der Gebäude etwa 20 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken (bezogen auf das heutige Dämmniveau sind das etwa 12%). Die CO<sub>2</sub>-Mengen steigen insgesamt um diesen Betrag für jede Art Erzeuger an. Bei der Bestandsanlage sind die Netzverluste anteilig noch höher, weil der Anschluss bis Höhe Pfarrhaus noch hinzukommt.

Die betriebswirtschaftlich beste Lösung ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte bereits sehr "holzlastig" und hat damit eine sehr kleine CO<sub>2</sub>-Menge – nur sehr leicht über der reinen Holzlösung. Jedoch ist sie etwas schlechter als die "zweitbeste Lösung" der STUFE 3 vorher, weil zwar die gleichen Energieträger für die Gebäude eingesetzt werden, jedoch mehr Netzverluste zu verzeichnen sind.

Zur Entscheidungsfindung wird beim heutigen Kenntnisstand neben den Gesamtkosten mit zweiter Priorität das Kriterium: "Minimierung des Endenergieeinsatzes" empfohlen.

#### STUFE 4 - Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kegelbahn & Kindergarten & Tischlerei/Schlosserei & Wabehaus & Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	141.429	141.429
Öl-Brennwert	139.152	139.152
Gas-BHKW	124.051	124.051
Öl-BHKW	125.144	125.144
Wärmepumpe	113.981	113.981
Holz	101.092	101.092
Bestandsanlage	156.203	156.203
<b>Beste Lösung</b>	<b>101.092</b>	<b>101.092</b>

**Tabelle 7 Außengebiet West – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 4**

Die Holzvariante ist hier bezogen auf heutige Emissionskennwerte die beste Lösung, jedoch ist der Zusammenschluss aller 5 Gebäude betriebswirtschaftlich ungünstiger als die vorher untersuchten Lösungen der STUFE 2 und 3. Die Netzverluste nehmen nun - wegen der Entfernungen – so stark zu, dass die investitionskostengünstige Gemeinschaftsheizzentrale dies nicht kompensieren kann.

#### STUFE 4 - Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kegelbahn & Kindergarten & Tischlerei/Schlosserei & Wabehaus & Wabeweg 3/3a	Summe
Gas-Brennwert	123	123
Öl-Brennwert	149	149
Gas-BHKW	99	99
Öl-BHKW	134	134
Wärmepumpe	98	98
Holz	60	60
Bestandsanlage	146	146
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>60</b>	<b>60</b>

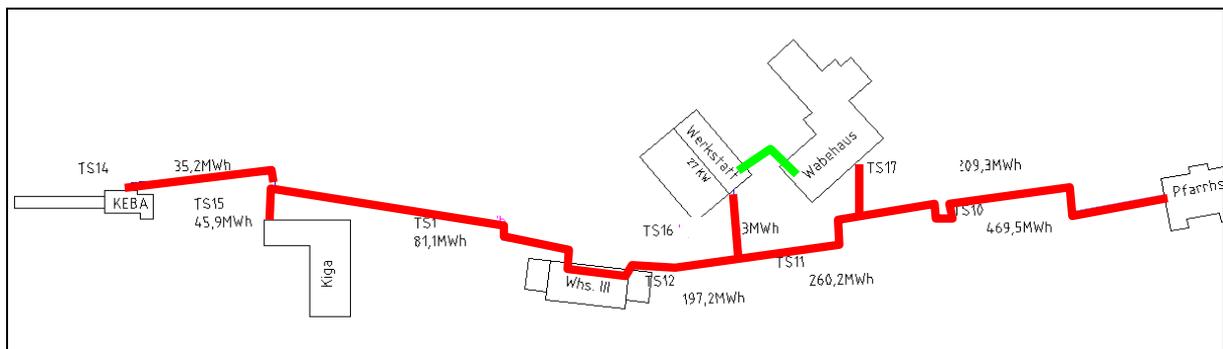
**Tabelle 8 Außengebiet West – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 4**

Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass bei künftigem Dämmniveau der Gebäude etwa 40 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken (bezogen auf das heutige Dämmniveau sind das etwa 25%). Die CO<sub>2</sub>-Menge ist insgesamt somit hier am höchsten, weil die meiste Endenergie benötigt wird. Holz schneidet – wie in allen Varianten – bezogen auf heutige Emissionskennwerte am besten ab.

#### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der 5 Gebäude (Nutzen plus Netze in den Gebäuden) beträgt heute 465 MWh/a und künftig 230 MWh/a.

Es entfallen die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 648 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 118 MWh/a heutigem Netzverlust. Neu verlegt würden bei der 2. Stufe der Zentralisierung 32 m Rohr mit knapp 3 MWh/a Verlust (grün).



**Bild 8 Außenbereich West Leitungsverluste**

Weitere Untersuchungen in Richtung eines Zusammenschlusses mit dem Kerngebiet der Liegenschaft ("große Inseln") werden nicht durchgeführt, da die dafür notwendigen Nahwärmeleitungen sehr lang und verlustintensiv würden. Das schlägt sich – unabhängig von der Art des Erzeugers – in erhöhten Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Mengen nieder.

Die Verteilverluste steigen künftig anteilig sehr stark – wenn die Gebäude selbst modernisiert sind. Sobald weitere Leitungen in Richtung Dorfkern hinzukommen würden, ergäben sich künftig noch höhere Mehraufwendungen, nur um die Netzverluste zu decken.

#### 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es wird folgendes Fazit gezogen, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt:

- Die Gesamtkosten haben ihr Minimum in der STUFE 3, das spricht für eine mittlere Zentralisierung des Außengebietes "West".
- Die CO<sub>2</sub>-Mengen haben bezogen auf heutige Emissionskennwerte ihr Minimum bei der STUFE 2, weil hier überwiegend Holz als Energieträger eingesetzt wird und andererseits wenige Rohrleitungsverluste zu verzeichnen sind
- Die Mehraufwendungen für die Rohrleitungsverluste haben ihr Minimum bei STUFE 1 (kein Netz) bzw. STUFE 2, bei sehr geringer Zentralisierung.

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2 a	STUFE 2 b	STUFE 3	STUFE 4
Kegelbahn	Strom	Strom	Strom	Strom	Holz
Kindergarten	Strom	Strom	Strom	Strom	
Wabeweg 3/3a	Strom	Strom	Holz	Holz	
Tischlerei/Schlosserei	Strom	Holz	Holz		
Wabehaus	Strom				
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig	0%	ca. 1 %	ca. 1 %	12 - 16 %	28 ... 37 %
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	86	66	58	60	60
Gesamtkosten langfristig	110.997	103.308	105.579	100.803	101.092

**Tabelle 9 Übersicht Ergebnisse Außengebiet "West"**

Die Empfehlung für die Außengruppe "West" lautet demnach:

- Kegelbahn: Modernisierung des Objektes und in dem Zuge die Installation einer Außenluftwärmepumpe oder Elektrodirektheizung als bedarfsgesteuerte Strahlungsheizung, welche zu noch geringeren Endenergiemengen führen dürfte, hier aber nicht weiter geprüft wurde,
- Kindergarten: Modernisierung des Objektes mit Einbau einer Erdreichwärmepumpe oder Außenluftwärmepumpe (Entscheidung nach Angeboten),
- Tischlerei/Schlosserei und Wabehaus: Modernisierung der Gebäude und Einbau eines gemeinsamen Holz hackschnitzelkessels mit Aufstellung im Wabehaus, Weiterbenutzung des vorhandenen Schornsteins nach Sanierung, Neuverlegung von ca. 32 m Nahwärmleitungen auf kürzestem Wege zwischen den Gebäuden, Lagerflächen im Anbau des Wabehauses,
- Wabeweg 3 und 3a: Modernisierung des Gebäudes und Installation eines separaten Holzpelletkessels mit Weiterbenutzung des vorhandenen Schornsteins nach Sanierung, Lagerflächen im Keller des Gebäudes oder Wärmepumpe Erdreich oder Außenluft (Entscheidung nach Angeboten)
- Für das Wabehaus sowie das Gebäude am Wabeweg 3 und 3a ist der Einsatz einer Solarthermie separat wirtschaftlich zu prüfen. Basis sollten Angebote sein; eine Voruntersuchung ist bereits positiv erfolgt (siehe separater Bericht "Solarthermie")

Die Umstellung der anderen Gebäude auf den dezentralen Erzeuger sollte – vor allem bei allen Lösungen mit Holz kesseln und/oder Wärmepumpen erst nach der baulichen Modernisierung der jeweiligen Gebäude erfolgen.

Insgesamt ist eine Umstellung von der Peripherie zur Mitte (Kegelbahn → Kindergarten → Wabeweg) sinnvoll, weil dann jeweils das letzte Ende der Nahwärmetrasse stillgelegt werden kann.

Für dieses Gebiet ist eine baldige Umstellung sinnvoll, weil die zentralen Netzverluste ansonsten nicht zurückgehen! Das Außengebiet "West" steht – aus Sicht einer optimalen Wärmeversorgung – weit oben auf der Prioritätenliste.

## 4.2 Pfarrhaus

Das Pfarrhaus ist, sobald die Außengruppe "West" vom Netz getrennt ist, das letzte Objekt an der Nahwärmeleitung "Zentralgebiet". Es wird geprüft, ob es sinnvoller ist, das Pfarrhaus einzeln oder zusammengeschlossen mit dem Gebäude Sarona zu betreiben.

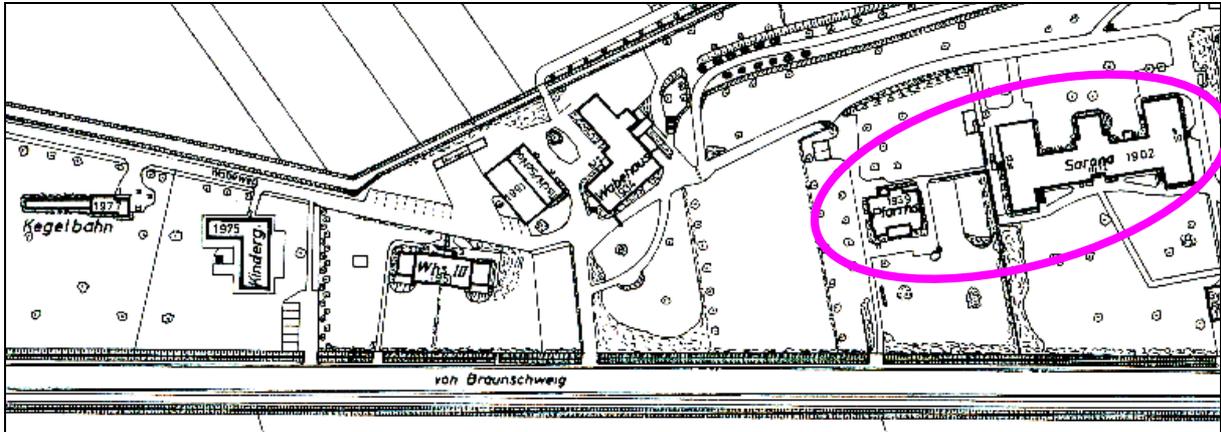


Bild 9 Pfarrhaus und Sarona

### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergeben sich folgende zwei Stufen:

- Stufe 1: beide Gebäude einzeln (ohne Markierung in Bild 9)
- Stufe 2: beide Gebäude zusammen (Farbe: rosa in Bild 9)

Bei der Einzellösung ergeben sich Erdleitungen zwischen den Gebäuden, jedoch würde die Heizzentrale im Pfarrhaus eingespart. Es stellt sich also die Frage, ob es wirtschaftlich sinnvoller ist, eine eigene Heizzentrale zu beschaffen oder die Nahwärmeleitungen zu betreiben – beides unter der Voraussetzung eines modernisierten Pfarrhauses.

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Sarona bis zum Pfarrhaus)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllageräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmeübertrager als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – Einzelversorgung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Pfarrhaus	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	17.717	149.908	167.625
Öl-Brennwert	15.213	152.660	167.873
Gas-BHKW	19.367	133.546	152.913
Öl-BHKW	17.703	139.660	157.362
Wärmepumpe	13.091	132.786	145.877
Holz	15.838	113.122	128.960
<b>Beste Lösung</b>	<b>13.091</b>	<b>113.122</b>	<b>126.213</b>

**Tabelle 10 Pfarrhaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Würden die beiden Gebäude mit einem Erzeuger einzeln versorgt, entfielen die Erdleitungen. Die Wärmepumpe ist für das Pfarrhaus einzeln der günstigste Erzeuger, für das Gebäude Sarona die Holzessellösung.

#### STUFE 1 – Einzelversorgung

STUFE 1 – Einzelversorgung CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Pfarrhaus	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	11	138	149
Öl-Brennwert	14	165	179
Gas-BHKW	10	114	124
Öl-BHKW	14	151	164
Wärmepumpe	8	114	122
Holz	4	71	75
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>8</b>	<b>71</b>	<b>78</b>

**Tabelle 11 Pfarrhaus – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Der Erzeuger mit der geringsten CO<sub>2</sub>-Menge ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte Holz. Die Wärmepumpenlösung ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte die zweitbeste. Langfristig werden Elektrowärmepumpen und Holz sich angleichen, weil Strom regenerativer wird. Es gibt in der STUFE 1 keine Nahwärmenetzverluste, d.h. für jede Art der Wärmeversorgung ist die minimale CO<sub>2</sub>-Menge zu erkennen.

## STUFE 2 – Gemeinsamer Betrieb

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Pfarrhaus & Sarona	Summe
Gas-Brennwert	173.007	173.007
Öl-Brennwert	176.745	176.745
Gas-BHKW	150.817	150.817
Öl-BHKW	158.402	158.402
Wärmepumpe	150.615	150.615
Holz	128.280	128.280
Bestandsanlage	178.363	178.363
<b>Beste Lösung</b>	<b>128.280</b>	<b>128.280</b>

**Tabelle 12 Pfarrhaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Die Holzvariante ist hier bezogen auf heutige Emissionskennwerte die beste Lösung, jedoch ist der Zusammenschluss der beiden Gebäude betriebswirtschaftlich ungünstiger als die vorher untersuchte Einzelversorgung. Die Netzverluste nehmen nun - wegen der Entfernungen – so zu, dass die investitionskostengünstige Gemeinschaftsheizzentrale dies nicht kompensieren kann.

## STUFE 2 – Gemeinsamer Betrieb

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Pfarrhaus & Sarona	Summe
Gas-Brennwert	158	158
Öl-Brennwert	191	191
Gas-BHKW	128	128
Öl-BHKW	173	173
Wärmepumpe	128	128
Holz	77	77
Bestandsanlage	168	168
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>77</b>	<b>77</b>

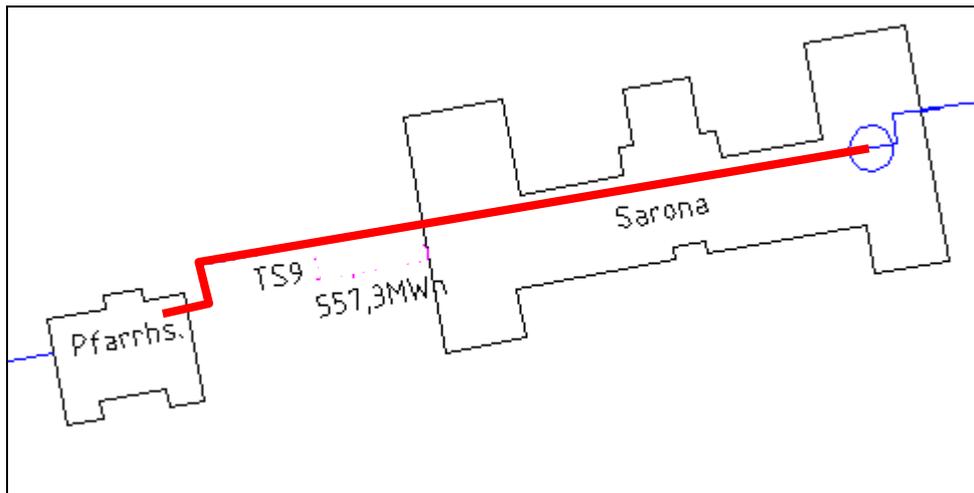
**Tabelle 13 Pfarrhaus – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Die CO<sub>2</sub>-Menge ist insgesamt hier geringer, weil es zwar Netzverluste gibt, diese jedoch aus Holz gedeckt werden. Im Energieträgervergleich schneidet Holz – wie in allen Varianten – bezogen auf heutige Emissionskennwerte am besten ab.

## 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung des Pfarrhauses (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 86 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 35 MWh/a.

Es entfallen bei einer Separierung der Gebäude die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 180 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 35 MWh/a heutigem Netzverlust.



**Bild 10 Pfarrhaus und Sarona Leitungsverluste**

Da die Netzverluste nach einer Modernisierung des Pfarrhauses dessen künftigen Bedarf übersteigen würden, ergibt sich die Notwendigkeit einer Abkopplung sehr deutlich – wobei der künftige Wärmeerzeuger bei dieser Betrachtung egal ist.

### 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Das Fazit unter Beachtung der Gesamtkosten sowie der Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Mengen und der Netzverluste lautet:

- Die Gesamtkosten haben ihr Minimum in der STUFE 1 mit einem separaten Wärmeerzeuger im Pfarrhaus – die Kosten einer eigenen Heizzentrale lassen sich also vollständig aus den vermiedenen Netzverlusten finanzieren
- Die CO<sub>2</sub>-Mengen haben bezogen auf heutige Emissionskennwerte kein ausgeprägtes Minimum, sind jedoch in der zentralisierten Lösung etwas geringer

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2
Pfarrhaus	Strom	Holz
Sarona	Holz	
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig	0 %	8 – 10 %
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	78	77
Gesamtkosten langfristig	126.213	128.280

**Tabelle 14 Übersicht Ergebnisse Pfarrhaus**

Die Empfehlung für das Pfarrhaus lautet:

- Installation einer Wärmepumpe mit Wärmequelle Erdreich oder Außenluft bzw. ggf. auch eines Holz- oder Ölkessel; dann bzw. zum Zeitpunkt der Umsetzung nochmals andere Erzeuger prüfen
- Für das Pfarrhaus ist der Einsatz einer Solarthermie separat wirtschaftlich zu prüfen. Basis sollten Angebote sein; eine Voruntersuchung ist bereits positiv erfolgt (siehe separater Bericht "Solarthermie")

Die Abkopplung des Pfarrhauses von der heutigen Netztrasse kann erfolgen, sobald es modernisiert ist. Außerdem wäre es sinnvoll, wenn das Außengebiet West mit Kindergarten etc. dann bereits modernisiert ist, so dass die Trasse dann tatsächlich bis Höhe Sarona zurückgebaut werden kann. Insgesamt hat das Projekt Pfarrhaus in Hinblick auf die optimale Versorgung weniger Priorität, weil es verhältnismäßig weit innerhalb des Dorfes liegt, daher wird die Umsetzung voraussichtlich erst in mehreren Jahren erfolgen.

### 4.3 Gebiet Mitte Süd

Für das Gebiet "Mitte Süd" wird nachfolgend zunächst einmal geklärt, ob es sinnvoll ist diese Gebäude als eine separate Großinsel oder als Teil einer zentralen Nahwärme – wie heute – zu versorgen. Zu dem Gebiet "Mitte Süd" zählen folgende Objekte:

- Sarona
- Bethesda
- Krankenhaus
- Wohnhaus II
- Bethanien

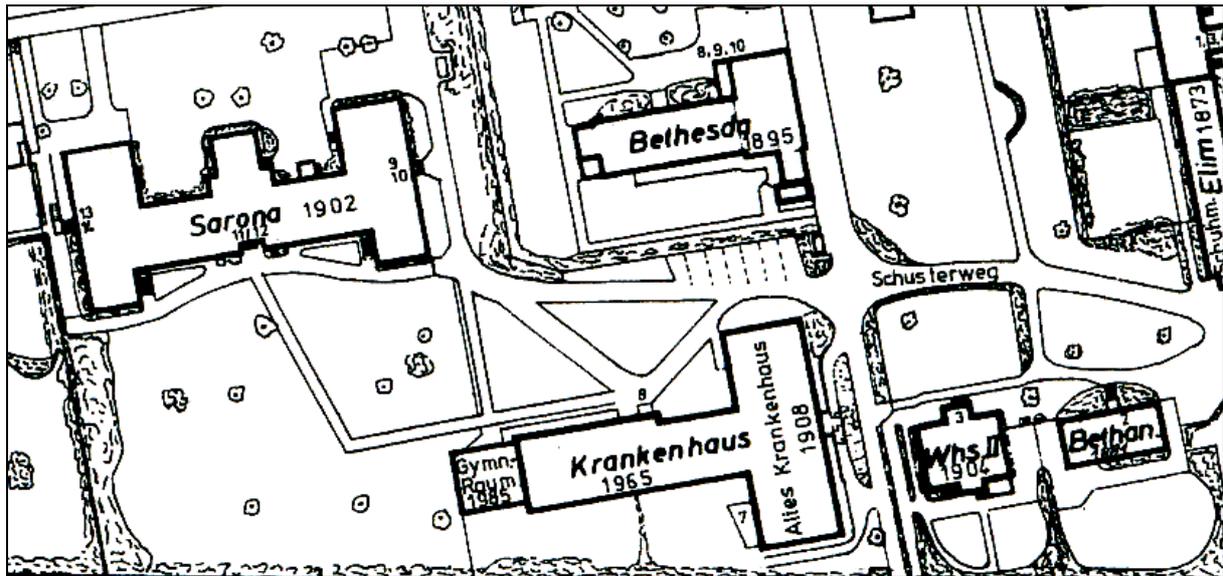


Bild 11 Gebiet Mitte Süd

#### 1. Schritt: Gebäudegruppierung

Es ergibt sich folgende Gruppenbildung von Inseln und Gesamtgebiet:

- Stufe 1: Insel "Mitte Süd", Restgebiet
- Stufe 2: gemeinsames Gesamtgebiet wie heute

#### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Elim als zu diesem Außengebiet zugehörig)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs

- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 - Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Insel "Mitte Süd"	Summe
Gas-Brennwert	1.754.994	380.998	2.135.992
Öl-Brennwert	1.800.615	385.558	2.186.172
Gas-BHKW	1.304.058	325.327	1.629.386
Öl-BHKW	1.375.702	336.168	1.711.871
Wärmepumpe	1.574.557	331.303	1.905.860
Holz	1.261.289	277.736	1.539.025
<b>Beste Lösung</b>	1.261.289	277.736	1.539.025

**Tabelle 15 Gebiet "Mitte Süd" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 - Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Insel "Mitte Süd"	Summe
Gas-Brennwert	1.643	345	1.988
Öl-Brennwert	1.989	415	2.405
Gas-BHKW	1.225	282	1.507
Öl-BHKW	1.730	377	2.107
Wärmepumpe	1.304	280	1.584
Holz	793	173	965
<b>Gewählte Lösung</b>	793	173	965

**Tabelle 16 Gebiet "Mitte Süd" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Als Einzelerzeuger schneidet für beide Gebiete die Holzheizung am besten ab. Jedoch soll in diesem Fall zunächst die Entscheidung getroffen werden, ob ein Zusammenschluss betriebswirtschaftlich sinnvoller ist als eine Separierung.

#### STUFE 2 – Zusammen mit dem Kerngebiet

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Gesamtgebiet	Summe
Gas-Brennwert	2.148.879	2.148.879
Öl-Brennwert	2.203.170	2.203.170
Gas-BHKW	1.581.576	1.581.576
Öl-BHKW	1.666.587	1.666.587
Wärmepumpe	1.919.054	1.919.054
Holz	1.539.894	1.539.894
Bestandsanlage	2.179.732	2.179.732
<b>Beste Lösung</b>	1.539.894	1.539.894

**Tabelle 17 Gebiet "Mitte Süd" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

## STUFE 2 – Zusammen mit dem Kerngebiet

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Gesamtgebiet	Summe
Gas-Brennwert	2.016	2.016
Öl-Brennwert	2.441	2.441
Gas-BHKW	1.496	1.496
Öl-BHKW	2.116	2.116
Wärmepumpe	1.604	1.604
Holz	974	974
Bestandsanlage	2.054	2.054
Gewählte Lösung	974	974

**Tabelle 18 Gebiet "Mitte Süd" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

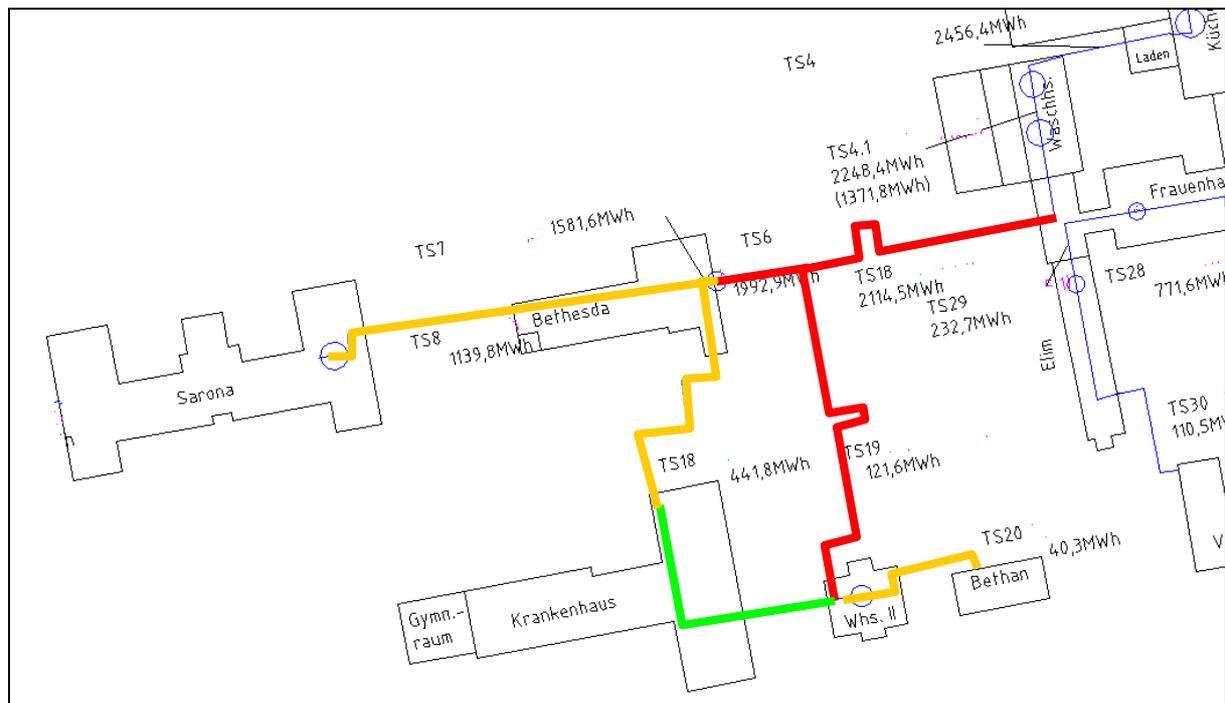
Betriebswirtschaftlich liegen die beiden Lösungen sehr nahe beieinander. Die Ergebnisse sind praktisch gleich. Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Kennwerte ist die Dezentralisierung, d.h. Schaffung einer Insel erwartungsgemäß günstiger, weil Netzverluste entfallen.

### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der zum Gebiet "Mitte Süd" zugehörigen Gebäude (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 1658 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 838 MWh/a.

Es entfallen bei einer Separierung der Gebäude die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 378 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 114 MWh/a heutigem Netzverlust. Dies sind überwiegend alte und schlecht gedämmte Netzteile.

Dafür wird ein neuer Anschluss des Wohnhauses II an das Krankenhaus vorgenommen (grün). Es kommen dafür 96 m Leitungen mit einem heutigen Verlust von knapp 9 MWh/a hinzu.



**Bild 12 Gebiet Mitte Süd Leitungsverluste**

Die Leitungen zwischen Sarona und Bethesda und Krankenhaus sowie Wohnhaus II und Bethanien bleiben (gelb). Sie haben zusammen eine Länge von 296 m und einen heutigen Verlust von 68 MWh/a.

## 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Wird das Gebiet "Mitte Süd" allein betrachtet, ergibt sich die Erkenntnis, dass beide Lösungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vergleichbar sind. Allerdings wird weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt, wenn eine Separierung vorgenommen wird, weil Leitungsverluste entfallen. Das Gebiet "Mitte Süd" kann daher langfristig von der heutigen Zentrale separiert werden. Dies hat aber nicht oberste Priorität!

	STUFE 1	STUFE 2
Restgebiet	Holz	Holz
Insel Mitte Süd	Holz	
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	965	974
Gesamtkosten langfristig	1.539.025	1.539.894

**Tabelle 19 Übersicht Ergebnisse Gebiet "Mitte Süd"**

Ob es sich lohnt, eine separate Großinsel aus diesen Gebäuden zu bilden oder die Objekte besser noch weiter dezentralisiert zu versorgen, klärt das nachfolgende Kapitel.

#### 4.4 Sarona, Bethesda, Krankenhaus, Bethanien und Wohnhaus II

Es wird geprüft, ob es sinnvoller ist, die Gebäude des Gebietes "Mitte Süd" einzeln oder als Inseln verschiedener Größe zusammengeschlossen zu versorgen.

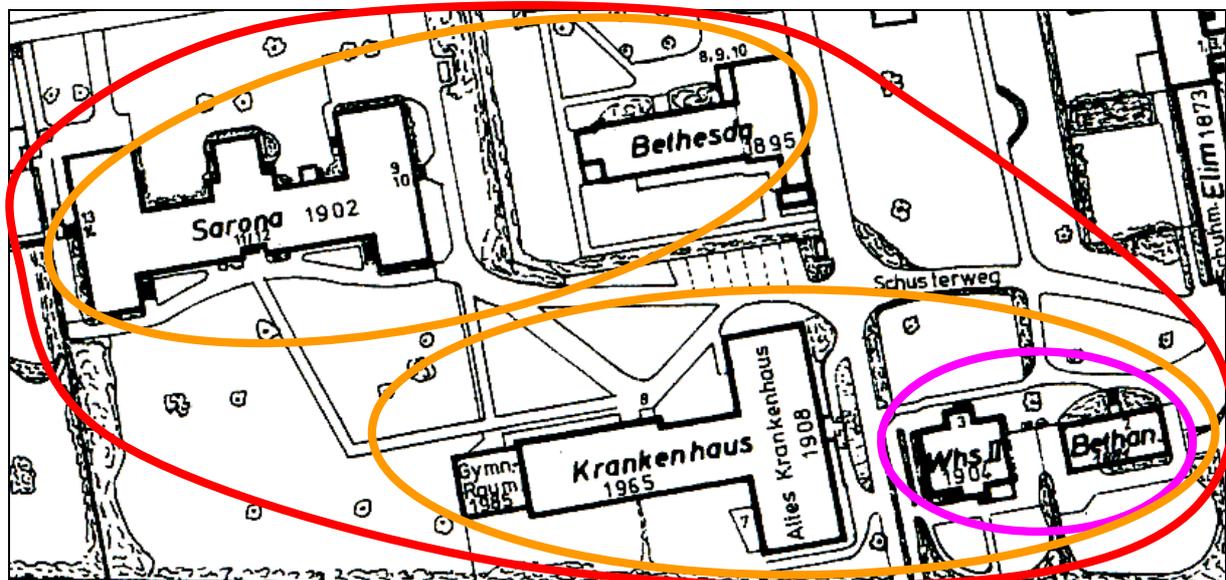


Bild 13 Gebiet Sarona / Bethesda / Krankenhaus

##### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergibt sich folgende Gruppenbildung von 5 Einzelgebäuden bis zur vollständigen Zusammenfassung:

- Stufe 1: alle Gebäude einzeln (ohne Markierung in Bild 13)
- Stufe 2: Bethanien und Wohnhaus II zusammen, Rest einzeln (Farbe: rosa in Bild 13)
- Stufe 3: Bethanien, Wohnhaus II und Krankenhaus zusammen sowie Bethesda und Sarona zusammen (Farbe: orange in Bild 13)
- Stufe 4: alle zusammen (Farbe: rot in Bild 13)

Jedes Einzelgebäude bzw. jede Gruppe weist jeweils eine Heizzentrale auf. Sobald mehrere Gebäude zusammengeschlossen werden, ergeben sich Erdleitungen und deren Verluste.

##### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Elim als zu diesem Außengebiet zugehörig)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs

- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern ein Gebäude derzeit keinen Schornstein hat, werden Kosten für die Neuerrichtung angesetzt. Gleiches gilt für Holz- oder Öllagerräume. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethanien	Wohnhaus II	Krankenhaus	Bethesda	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	13.091	23.626	113.734	65.058	149.908	365.417
Öl-Brennwert	12.312	22.721	115.734	65.007	152.660	368.434
Gas-BHKW	14.754	24.902	103.738	62.601	133.546	339.542
Öl-BHKW	14.624	24.967	108.527	64.306	139.660	352.084
Wärmepumpe	12.337	21.285	100.591	54.978	132.786	321.978
Holz	13.395	23.108	86.489	49.468	113.122	285.580
Beste Lösung	12.312	21.285	86.489	49.468	113.122	282.675

**Tabelle 20 Sarona/Bethesda/Krankenhaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Würden alle Gebäude mit einem Erzeuger einzeln versorgt, entfielen alle Erdleitungen. Für die kleinen Gebäude sind Ölkessel oder Wärmepumpe die wirtschaftlichsten Erzeuger, bei den großen die Holzkessel. Die BHKW-Lösungen werden erst bei größeren Modulen überhaupt interessant. Gas ist vergleichsweise unwirtschaftlich, weil die Leitungsverlegung dorthin aus Richtung Zentrale teuer ist.

#### STUFE 1 – CO<sub>2</sub>-Emissionen

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethanien	Wohnhaus II	Krankenhaus	Bethesda	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	10	19	103	57	138	326
Öl-Brennwert	11	22	124	69	165	391
Gas-BHKW	9	16	86	49	114	274
Öl-BHKW		21	114	64	151	360
Wärmepumpe	8	16	84	46	114	268
Holz	6	10	52	29	71	168
Gewählte Lösung	11	16	52	29	71	178

**Tabelle 21 Sarona/Bethesda/Krankenh. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Der Erzeuger mit der geringsten CO<sub>2</sub>-Menge ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte Holz. Die Wärmepumpenlösung ist bezogen auf heutige Emissionskennwerte die zweitbeste. Langfristig werden Elektrowärmepumpen und Holz sich angleichen, weil Strom regenerativer wird. Es gibt in der STUFE 1 keine Nahwärmenetzverluste, d.h. für jede Art der Wärmeversorgung ist die minimale CO<sub>2</sub>-Menge zu erkennen.

### STUFE 2 – kleinste Insel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethanien & Wohnhaus II	Krankenhaus	Bethesda	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	37.793	113.734	69.365	149.908	370.801
Öl-Brennwert	37.328	115.734	65.007	152.660	370.729
Gas-BHKW	37.283	103.738	66.908	133.546	341.475
Öl-BHKW	38.180	108.527	64.306	139.660	350.673
Wärmepumpe	33.165	100.591	54.978	132.786	321.520
Holz	36.411	86.489	49.468	113.122	285.489
<b>Beste Lösung</b>	<b>33.165</b>	<b>86.489</b>	<b>49.468</b>	<b>113.122</b>	<b>282.243</b>

**Tabelle 22 Sarona/Bethesda/Krankenhaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Für die beiden zusammengeschlossenen Gebäude Bethanien und Wohnhaus II ist die Lösung mit der Wärmepumpe die günstigste. Die anderen Objekte schneiden wie vorher mit Holzkessel am besten ab.

### STUFE 2 – kleinste Insel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethanien & Wohnhaus II	Krankenhaus	Bethesda	Sarona	Summe
Gas-Brennwert	31	103	57	138	329
Öl-Brennwert	37	124	69	165	395
Gas-BHKW	26	86	49	114	275
Öl-BHKW	34	114	64	151	363
Wärmepumpe	26	84	46	114	270
Holz	17	52	29	71	169
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>26</b>	<b>52</b>	<b>29</b>	<b>71</b>	<b>178</b>

**Tabelle 23 Sarona/Bethesda/Krankenh. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Die CO<sub>2</sub>-Mengen steigen insgesamt bei allen Lösungen an, weil Nahwärmenetzverluste hinzukommen. Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass (außer bei der Bestandsanlage) jeweils etwa 1 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken – bei heutigem und künftigem Dämmniveau der Gebäude.

Die Holzlösung bleibt in punkto CO<sub>2</sub> bezogen auf heutige Emissionskennwerte die beste. Die betriebswirtschaftlich günstigste Lösung als Kombination aus Holz und Wärmepumpe liegt nah bei diesem Minimum.

### STUFE 3 – mittlere Inseln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethesda & Sarona	Bethanien & Krankenhaus & Wohnhaus II	Summe
Gas-Brennwert	220.185	158.632	378.816
Öl-Brennwert	223.514	157.476	380.990
Gas-BHKW	192.940	142.464	335.404
Öl-BHKW	200.531	144.652	345.183
Wärmepumpe	191.726	136.620	328.346
Holz	162.647	117.856	280.504
<b>Beste Lösung</b>	<b>162.647</b>	<b>117.856</b>	<b>280.504</b>

**Tabelle 24 Sarona/Bethesda/Krankenh. – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Die Lösung mit dem Zusammenschluss von jeweils zwei oder drei Gebäuden ist nach den Berechnungen marginal günstiger. Die größeren Erdreichverluste werden immer noch durch die nun geringen Investitionen aufgefangen – es gibt nur noch 2 statt 4 Heizzentralen. Die BHKW-Lösungen sind nun bedeutend interessanter als die reinen Gas- und Ölkessellösungen, kommen aber nicht an die Holzkessellösung heran.

### STUFE 3 – mittlere Inseln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisier-ten Gebäuden	Bethesda & Sarona	Bethanien & Kranken- haus & Wohnhaus II	Summe
Gas-Brennwert	201	137	338
Öl-Brennwert	242	164	406
Gas-BHKW	166	113	279
Öl-BHKW	221	150	371
Wärmepumpe	165	111	276
Holz	101	69	171
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>101</b>	<b>69</b>	<b>171</b>

**Tabelle 25 Sarona/Bethesda/Krankenh. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass bei künftigem Dämmniveau der Gebäude etwa 4 bis 6 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken (bezogen auf das heutige Dämmniveau sind das etwa 3 %). Die CO<sub>2</sub>-Mengen steigen insgesamt um diesen Betrag für jede Art Erzeuger an. Diese Lösung liefert insgesamt noch geringere Emissionen, weil noch mehr Holz eingesetzt wird als vorher.

### STUFE 4 – Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisier-ten Gebäuden	Bethanien & Bethesda & Krankenhaus & Sarona & Wohnhaus II	Summe
Gas-Brennwert	380.998	380.998
Öl-Brennwert	385.558	385.558
Gas-BHKW	325.327	325.327
Öl-BHKW	336.168	336.168
Wärmepumpe	331.303	331.303
Holz	277.736	277.736
Bestandsanlage	407.279	407.279
<b>Beste Lösung</b>	<b>277.736</b>	<b>277.736</b>

**Tabelle 26 Sarona/Bethesda/Krankenhaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 4**

Der Zusammenschluss der 5 Gebäude ist betriebswirtschaftlich die beste der Lösungen. Die Netzverluste sind zwar noch höher, jedoch fallen die Kosten für die Heizzentrale günstiger aus. Die kostengünstigste Lösung ist der Holzkessel.

### STUFE 4 – Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Bethanien & Bethesda & Krankenhaus & Sarona & Wohnhaus II	Summe
Gas-Brennwert	345	345
Öl-Brennwert	415	415
Gas-BHKW	282	282
Öl-BHKW	377	377
Wärmepumpe	280	280
Holz	173	173
Bestandsanlage	380	380
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>173</b>	<b>173</b>

**Tabelle 27 Sarona/Bethesda/Krankenh. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 4**

Die Berechnung der Endenergiemenge ergibt, dass bei künftigem Dämmniveau der Gebäude etwa 8 ... 10 % mehr Energie erzeugt werden muss, um die Wärmeverluste an das Erdreich zu decken (bezogen auf das heutige Dämmniveau sind das etwa 4 ... 6 %). Die CO<sub>2</sub>-Menge ist insgesamt somit wieder höher als vorher, weil die meiste Endenergie benötigt wird. Die Netzverluste sind jedoch vergleichsweise gering, weil viele sehr große Energieabnehmer nah beieinander stehen. Holz schneidet – wie in allen Varianten – bezogen auf heutige Emissionskennwerte am besten ab.

#### 4. Schritt: Fazit und Empfehlung

Das Gebiet Sarona/Bethesda/Krankenhaus weist auch nach einer künftigen Modernisierung eine sehr hohe Energiedichte auf. Es kann weiterhin als Netzverbund betrieben werden. In der Zusammenfassung der Ergebnisse ergibt sich folgende Übersicht:

	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3	STUFE 4
Bethanien	Heizöl	Strom	Holz	Holz
Wohnhaus II	Strom			
Krankenhaus	Holz	Holz	Holz	
Bethesda	Holz	Holz		
Sarona	Holz	Holz		
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig	0 %	1 %	4 ... 6 %	8 ... 10 %
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	178	178	171	173
Gesamtkosten langfristig	282.675	282.243	280.504	277.736

**Tabelle 28 Übersicht Ergebnisse Sarona/Bethesda/Krankenhaus**

Das Fazit unter Berücksichtigung von Gesamtkosten, Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bedarf sowie von Netzverlusten lautet:

- eine Separierung der Gebäude in dieser Insel mit Einzelversorgung hat sich als nicht sinnvoll erwiesen, weil die größere Anzahl von Erzeugern die dann verminderten Netzverluste nicht rechtfertigen würde (die Energiedichte ist auch nach der Modernisierung noch hoch genug für einen Netzverbund)
- jedoch zeigt sich, dass eine Abkopplung der Insel von der Zentrale im Prinzip betriebswirtschaftlich grenzwirtschaftlich ist, sobald die Gebäude modernisiert sind

Aus diesem Gesichtspunkt heraus ergäbe sich eine Separierung als genauso wirtschaftlich wie der Netzbetrieb von der heutigen Zentrale aus, jedoch mit weniger Netzverlusten. Es wird jedoch dennoch von einer Separierung des Gebietes abgeraten.

Die ausführliche Begründung wird im Kapitel 5 "Versorgung des Kerngebietes" gegeben. Kurzfassung: das Gebiet "Mitte Süd" sollte als Teil des Kerngebietes erhalten bleiben und nicht separiert werden, damit das Kerngebiet künftig eine Minimalgröße nicht unterschreitet. Diese ist nötig, um die eingespeiste Bioabwärme – welche kostengünstiger und umweltfreundlicher (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) ist als alle anderen Energieträger – nutzen zu können.

## 4.5 Außengebiet Südost

Zu dem Gebiet zählen folgende Objekte:

- Emmaus
- Wohnhaus I
- Zoar
- Kaiserwald

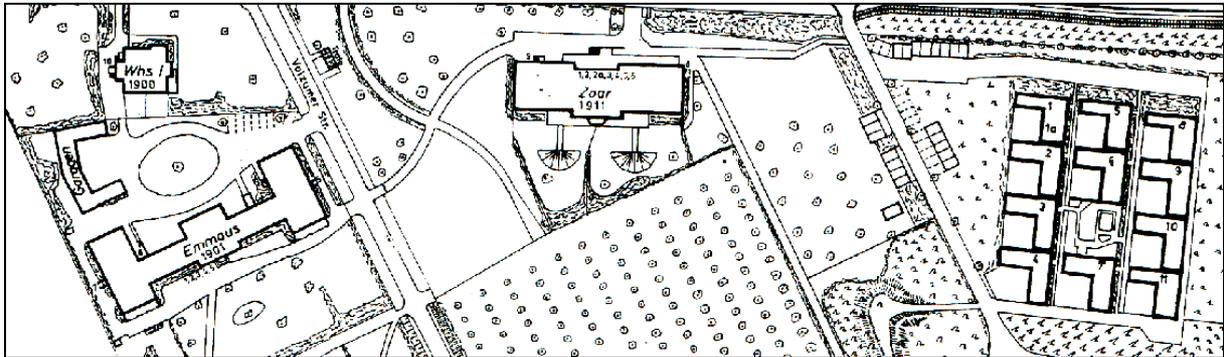


Bild 14 Außenbereich Süd

Es wird hier vorab untersucht, ob dieses Gebiet wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller an der heutigen Zentrale verbleibt oder getrennt wird und als Großinsel oder mit Einzelgebäuden weiterbetrieben wird. Details folgen in den nächsten Kapiteln.

### 1. Schritt: Gebäudegruppierung

Es ergibt sich folgende Gruppenbildung:

- Stufe 1: alle Gebäude im Bereich Süd einzeln, restliche Gebäude zusammen
- Stufe 2: alle Gebäude im Bereich Süd als Insel, restliche Gebäude zusammen
- Stufe 3: alle Gebäude zusammen

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Haus Elm als zu diesem Außengebiet zugehörig)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern ein Gebäude derzeit keinen Schornstein hat, werden Kosten für die Neuerrichtung angesetzt. Gleiches gilt für Holz- oder Öllagerräume. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Kaiserwald	Zoar	Emmaus	Wohnhaus I	Summe
Gas-Brennwert	2.563.217	120.547	162.630	175.695	24.185	3.046.276
Öl-Brennwert	2.625.259	120.629	160.728	178.038	22.700	3.107.354
Gas-BHKW	1.891.805	111.325	149.032	158.621	25.221	2.336.004
Öl-BHKW	1.988.819	114.017	150.281	164.328	24.817	2.442.263
Wärmepumpe	2.279.085	111.341	142.329	154.530	21.159	2.708.444
Holz	1.850.825	98.985	124.517	133.736	23.023	2.231.086
<b>Beste Lösung</b>	1.850.825	98.985	124.517	133.736	21.159	2.229.222

**Tabelle 29 Außengebiet "Südost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Kaiserwald	Zoar	Emmaus	Wohnhaus I	Summe
Gas-Brennwert	2.415	78	147	162	18	2.820
Öl-Brennwert	2.909	94	172	192	22	3.389
Gas-BHKW	1.804	62	126	137	16	2.145
Öl-BHKW	2.526	85	159	177	21	2.968
Wärmepumpe	1.932	65	124	135	15	2.270
Holz	1.202	39	85	88	9	1.423
<b>Gewählte Lösung</b>	1.202	39	85	88	15	1.428

**Tabelle 30 Außengebiet "Südost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Würden die 4 Gebäude jenseits der Landesstraße mit einem Erzeuger jeweils einzeln versorgt, entfielen die Erdleitungen. Die auch vorher schon ermittelte Tendenz wiederholt sich hier. Bei den großen Verbrauchern führt der Holzeinsatz zu den geringsten Kosten, nur beim Wohnhaus I die Wärmepumpe.

#### STUFE 2 – Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Insel Süd	Summe
Gas-Brennwert	2.557.895	512.398	3.070.293
Öl-Brennwert	2.619.767	527.460	3.147.227
Gas-BHKW	1.890.156	430.407	2.320.563
Öl-BHKW	1.986.854	453.327	2.440.181
Wärmepumpe	2.275.831	456.533	2.732.364
Holz	1.847.782	389.365	2.237.146
<b>Beste Lösung</b>	1.847.782	389.365	2.237.146

**Tabelle 31 Außengebiet "Südost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

## STUFE 2 – Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisier-ten Gebäuden	Restgebiet	Insel Süd	Summe
Gas-Brennwert	2.410	451	2.861
Öl-Brennwert	2.902	540	3.442
Gas-BHKW	1.802	364	2.166
Öl-BHKW	2.522	487	3.008
Wärmepumpe	1.928	369	2.297
Holz	1.200	233	1.434
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>1.200</b>	<b>233</b>	<b>1.434</b>

**Tabelle 32 Außengebiet "Südost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Würden die Gebäude jenseits der Straße zu einer Insel zusammengeschlossen, aber dennoch von der Zentrale getrennt, vermindern sich die Gesamtkosten, während die CO<sub>2</sub>-Menge leicht steigt, weil wieder Netzverluste gedeckt werden müssen. Insgesamt schneiden wieder die Lösungen mit Holzkessel gut ab.

## STUFE 3 – Versorgung von der Zentrale

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Insel Süd plus Restgebiet	Summe
Gas-Brennwert	3.106.080	3.106.080
Öl-Brennwert	3.179.426	3.179.426
Gas-BHKW	2.250.897	2.250.897
Öl-BHKW	2.366.206	2.366.206
Wärmepumpe	2.752.337	2.752.337
Holz	2.243.048	2.243.048
Bestandsanlage	3.153.991	3.153.991
<b>Beste Lösung</b>	<b>2.243.048</b>	<b>2.243.048</b>

**Tabelle 33 Außengebiet "Südost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

## STUFE 3 CO<sub>2</sub> – Versorgung von der Zentrale

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisier-ten Gebäuden	Insel Süd plus Restgebiet	Summe
Gas-Brennwert	2.915	2.915
Öl-Brennwert	3.510	3.510
Gas-BHKW	2.145	2.145
Öl-BHKW	3.025	3.025
Wärmepumpe	2.334	2.334
Holz	1.452	1.452
Bestandsanlage	2.970	2.970
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>1.452</b>	<b>1.452</b>

**Tabelle 34 Außengebiet "Südost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Der Weiterbetrieb an einem Netz wie bisher schneidet deutlich ungünstiger ab, sowohl was die Kosten als auch die CO<sub>2</sub>-Menge angeht. Das spricht für eine Abkopplung des Gebietes von der Zentrale. Die genaue Lösung für jedes Objekt klären die Kapitel 4.6 und 4.7.

#### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der 4 Gebäude (Nutzen plus Netze in den Gebäuden) beträgt heute 2014 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung 883 MWh/a. Die zukünftigen Werte berücksichtigen, dass an der Stelle der heutigen Kaiserwaldhäuser ein vergleichbar großes Pflegeobjekt stehen könnte.

Es entfallen die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 280 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 84 MWh/a heutigem Netzverlust. Ob die Leitungen zwischen den Gebäuden (rosa) entfallen, klärt der nächste Abschnitt. Dass die Erdleitungen der Gebäude Kaiserwald (blau) langfristig entfallen müssen, steht außer Frage.

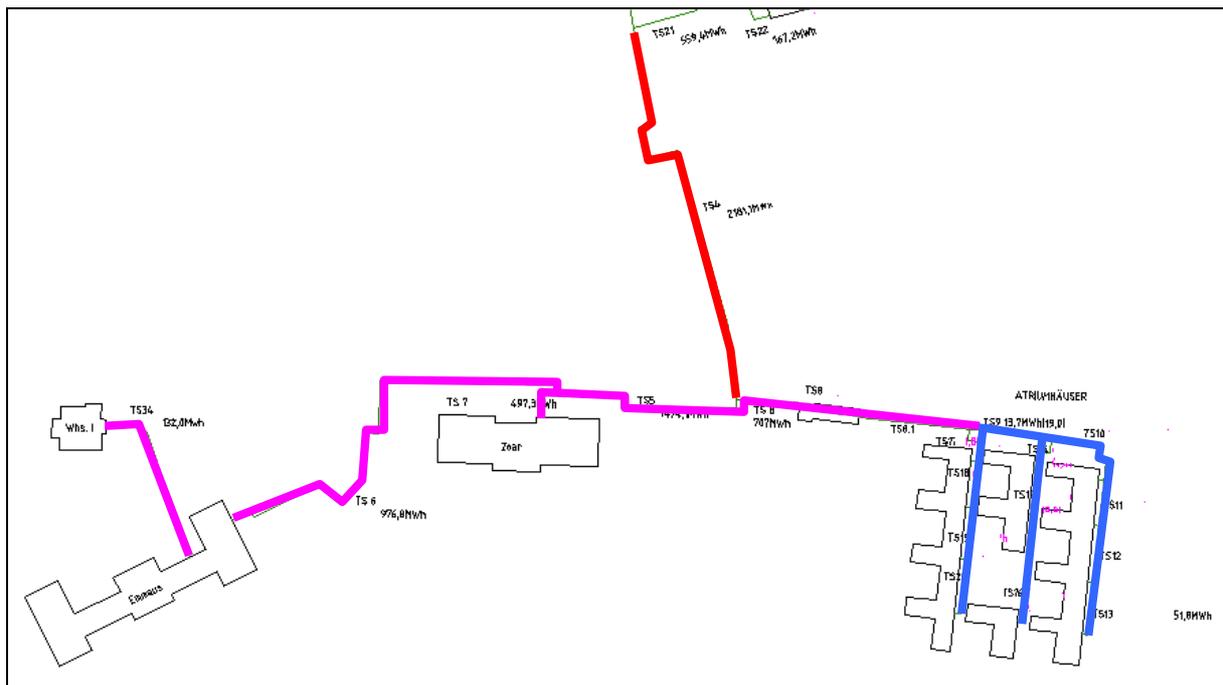


Bild 15 Außenbereich "Südost" Leitungsverluste

#### 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Das Außengebiet "Südost" sollte von der heutigen Zentrale separiert werden, weil es so langfristig mit weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß und gleichzeitig wirtschaftlicher betrieben werden kann.

Ob es sich lohnt, eine separate Großinsel aus diesen Gebäuden zu bilden oder die Objekte besser einzeln bzw. kleinen Gruppen zu versorgen, klären die nachfolgenden Kapitel.

#### 4.6 Emmaus, Zoar und Wohnhaus I

Für die Gebäude Emmaus, Zoar und Wohnhaus II wird geprüft, ob sie in Inseln oder besser separat versorgt werden.

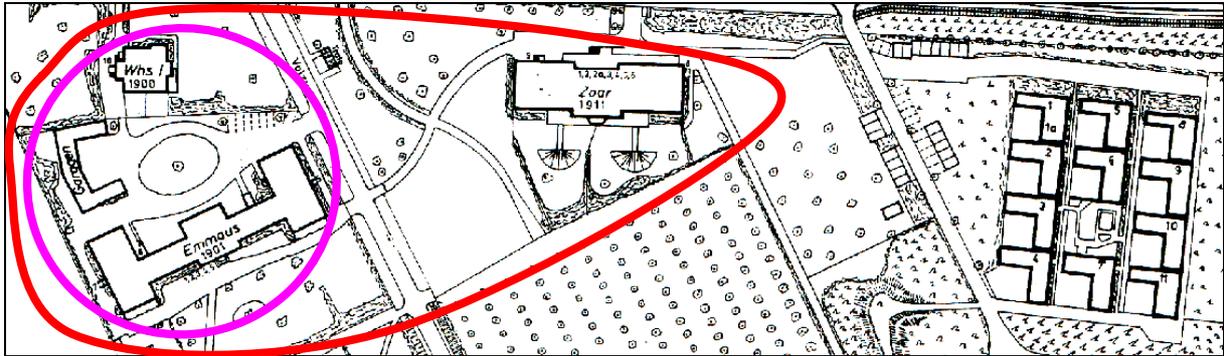


Bild 16 Emmaus, Wohnhaus I und Zoar

##### 1. Schritt: Inselbildung

Es wird geprüft, welche der folgenden drei Stufen die sinnvollste ist:

- Stufe 1: alle drei Gebäude einzeln (ohne Markierung in Bild 16)
- Stufe 2: Emmaus und Wohnhaus I zusammen (Farbe: rosa in Bild 16)
- Stufe 2: alle drei Gebäude zusammen (Farbe: rot in Bild 16)

Bei der Einzellösung ergeben sich Erdleitungen zwischen den Gebäuden, jedoch würde die Anzahl der neuen Heizzentralen minimiert.

##### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Elm bis Zoar oder bis Emmaus bzw. Wohnhaus I)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllagerräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus	Wohnhaus I	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	175.695	24.185	159.618	359.499
Öl-Brennwert	178.038	22.700	160.728	361.467
Gas-BHKW	158.621	25.221	146.019	329.861
Öl-BHKW	164.328	24.817	150.281	339.426
Wärmepumpe	154.530	21.159	142.329	318.018
Holz	133.736	23.023	124.517	281.275
<b>Beste Lösung</b>	<b>133.736</b>	<b>21.159</b>	<b>124.517</b>	<b>279.412</b>

**Tabelle 35 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus	Wohnhaus I	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	162	18	147	327
Öl-Brennwert	192	22	172	386
Gas-BHKW	137	16	126	279
Öl-BHKW	177	21	159	357
Wärmepumpe	135	15	124	274
Holz	88	9	85	182
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>88</b>	<b>15</b>	<b>85</b>	<b>188</b>

**Tabelle 36 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Für die beiden großen Gebäude führt die Wahl eines Holzkessels zur besten Gesamtwirtschaftlichkeit, das Wohnhaus I würde am besten mit einer Wärmepumpe versorgt – wenn die Gebäude jedes für sich einen Erzeuger erhielte. Netzverluste sind in dieser Lösung nicht vorhanden.

#### STUFE 2 - GESAMTKOSTEN

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus & Wohnhaus I	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	202.396	160.252	362.649
Öl-Brennwert	205.699	160.728	366.428
Gas-BHKW	179.830	146.654	326.483
Öl-BHKW	187.008	150.281	337.290
Wärmepumpe	177.245	142.329	319.574
Holz	152.899	124.517	277.416
<b>Beste Lösung</b>	<b>152.899</b>	<b>124.517</b>	<b>277.416</b>

**Tabelle 37 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

## STUFE 2 – CO<sub>2</sub>-Emissionen

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus & Wohnhaus I	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	186	147	333
Öl-Brennwert	222	172	394
Gas-BHKW	156	126	282
Öl-BHKW	204	159	363
Wärmepumpe	154	124	278
Holz	99	85	184
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>99</b>	<b>85</b>	<b>184</b>

**Tabelle 38 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Sofern Emmaus das Wohnhaus I mit versorgt und das Gebäude Zoar ebenfalls eine eigene Heizzentrale erhält, schneidet wiederum eine Lösung als beste ab, bei der nur Holz eingesetzt wird. Die Gesamtwirtschaftlichkeit ist größer als bei reiner Einzelversorgung. Die Mehraufwendungen für das Verteilnetz betragen etwa 3 % der Nutzwärme der Gebäude.

## STUFE 3 - GESAMTKOSTEN

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus & Wohnhaus I & Zoar	Summe
Gas-Brennwert	374.963	374.963
Öl-Brennwert	383.220	383.220
Gas-BHKW	322.278	322.278
Öl-BHKW	336.630	336.630
Wärmepumpe	330.015	330.015
Holz	281.869	281.869
Bestandsanlage	405.757	405.757
<b>Beste Lösung</b>	<b>281.869</b>	<b>281.869</b>

**Tabelle 39 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

## STUFE 3 – CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN

STUFE 3 – CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Emmaus & Wohnhaus I & Zoar	Summe
Gas-Brennwert	350	350
Öl-Brennwert	416	416
Gas-BHKW	290	290
Öl-BHKW	380	380
Wärmepumpe	289	289
Holz	188	188
Bestandsanlage	385	385
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>188</b>	<b>188</b>

**Tabelle 40 Emmaus/Zoar/Wohnhaus I – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Die Bildung einer Insel aus Emmaus, Zoar und Wohnhaus I führt zu höheren Gesamtkosten als die vorherige Lösung. Der nunmehr einzelne Erzeuger ist zwar günstiger in der Anschaffung als die zwei Erzeuger aus der Lösung zuvor, jedoch führen die dann wieder vorhandenen Netzverluste zwischen Emmaus und Zoar zu insgesamt höheren Kosten.

Die Insel verzeichnet Mehraufwendungen für das Verteilnetz im Erdreich von 6 ... 9 % solange die Gebäude wie heute gedämmt sind. Der Wert steigt nach einer Modernisierung auf 10 ... 14 % an.

#### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der drei Gebäude (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 1363 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 694 MWh/a.

Es entfallen bei einer Separierung der Gebäude Emmaus und Zoar die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 342 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 70 MWh/a heutigem Netzverlust. Die gelb markierten Leitungen werden erhalten. Sie sind erst neu installiert worden, 174 m lang und haben 23 MWh/a Verluste.

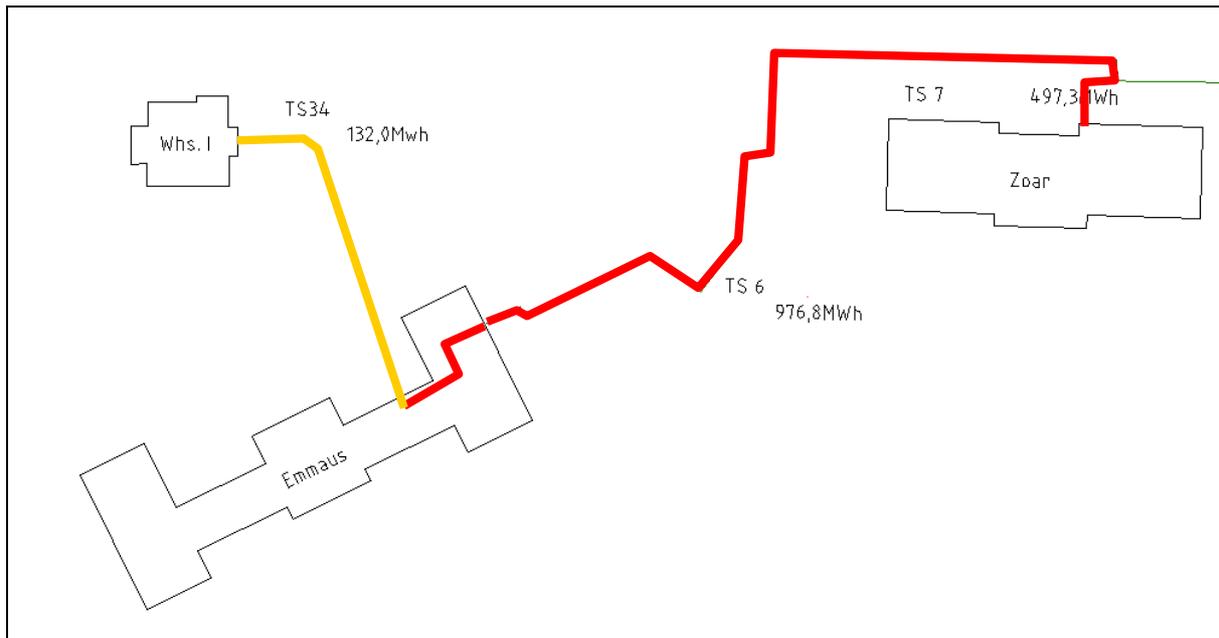


Bild 17 Leitungsverluste "Wohnhaus I"

#### 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es muss ein Fazit gezogen werden, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt.

- Die CO<sub>2</sub>-Mengen weisen ein Minimum in der STUFE 2 auf, da der Energieträger dort ausschließlich Holz ist und die Netzverluste gering
- Die Gesamtkosten haben ihr Minimum in der STUFE 2 mit einem separaten Wärmezeuger im Gebäude Zoar und einem Zusammenschluss von Wohnhaus I und Emmaus – die Kosten einer eigenen Heizzentrale für Zoar lassen sich also vollständig aus den vermiedenen Netzverlusten finanzieren

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3
Emmaus	Holz	Holz	Holz
Wohnhaus I	Strom		
Zoar	Holz	Holz	
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig	0 %	3 %	10 ... 14 %
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	188	184	188
Gesamtkosten langfristig	279.412	277.416	281.869

Tabelle 41 Übersicht Ergebnisse Emmaus/Zoar/Wohnhaus I

Die Empfehlung für die drei Gebäude lautet demnach:

- nach einer Modernisierung des Gebäudes Emmaus erhält dieses eine eigene Heizzentrale (Holzhackschnitzel) und wird vom Netz getrennt und die Leitungen zurückgebaut bis zum Abzweig bei Zoar
- das Wohnhaus I bleibt wie heute an das Gebäude Emmaus und die neue Holzheizung angeschlossen
- für den neuen Kleinverbund "Emmaus + Wohnhaus I" wird die Installation einer Solaranlage geprüft, wobei Angebote die Basis sein sollen (eine positive Vorprüfung hinsichtlich Eignung für Solarthermie ist bereits erfolgt, siehe Bericht "Solarthermie")
- das Gebäude Zoar wird noch hinsichtlich eines Zusammenschlusses mit Kaiserwald geprüft (Kapitel 4.7), ein Zusammenschluss mit Emmaus ist jedoch nicht sinnvoll.

Da das Gebäude "Wohnhaus I" bereits vollmodernisiert ist, hängt die Umstellung auf einen Holzkessel am Gebäude Emmaus. Insgesamt ist die Entscheidung über die Gebäude des Außengebietes "Südost" prioritär, denn es könnten bei zügiger Umsetzung enorme Mengen Verteilverluste eingespart werden.

## 4.7 Kaiserwald

Für die Gebäude am Kaiserwald soll geklärt werden, ob sie besser separat oder zusammen mit dem Gebäude Zoar versorgt werden. Für die gemeinsame Versorgung spräche die dann nur notwendige Installation eines Erzeugers, dagegen die Netzverluste.

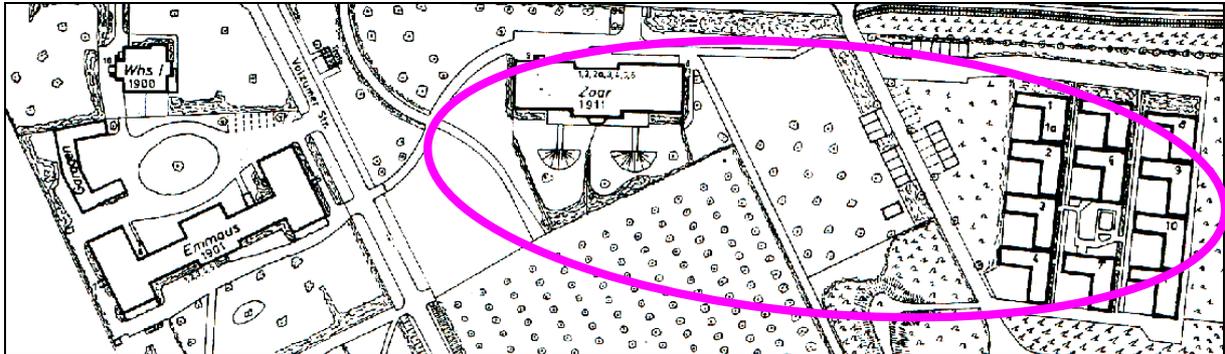


Bild 18 Kaiserwald und Zoar

### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergeben sich folgende zwei Stufen der Betrachtung:

- Stufe 1: beide Gebäude einzeln (ohne Markierung in Bild 18)
- Stufe 2: beide Gebäude zusammen (Farbe: rosa in Bild 18)

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppe: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Elm für den Anschluss eines Kessels in Zoar sowie ab Zoar bis zur heutigen Heizzentrale von Kaiserwald)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllagerräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 - Einzelversorgung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kaiserwald	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	90.013	159.618	249.631
Öl-Brennwert	90.094	160.728	250.823
Gas-BHKW	80.791	146.019	226.810
Öl-BHKW	83.482	150.281	233.764
Wärmepumpe	80.806	142.329	223.135
Holz	68.450	124.517	192.967
<b>Beste Lösung</b>	<b>68.450</b>	<b>124.517</b>	<b>192.967</b>

**Tabelle 42 Zoar/Kaiserwald – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – Einzelversorgung

STUFE 1 – Einzelversorgung CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kaiserwald	Zoar	Summe
Gas-Brennwert	78	147	225
Öl-Brennwert	94	172	266
Gas-BHKW	62	126	188
Öl-BHKW	85	159	244
Wärmepumpe	65	124	188
Holz	39	85	123
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>39</b>	<b>85</b>	<b>123</b>

**Tabelle 43 Zoar/Kaiserwald – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Die betriebswirtschaftlich interessanteste Lösung wäre künftig die Verbrennung von Holz zur Wärmeversorgung – wobei das Gebäude am Kaiserwald in dieser Betrachtung bereits ersetzt wurde durch ein neues, gut wärmegeprägtes, gleichgroßes Pflegeheim.

#### STUFE 2 – Insellösung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kaiserwald & Zoar	Summe
Gas-Brennwert	288.935	288.935
Öl-Brennwert	293.636	293.636
Gas-BHKW	252.731	252.731
Öl-BHKW	262.386	262.386
Wärmepumpe	260.860	260.860
Holz	225.556	225.556
<b>Beste Lösung</b>	<b>225.486</b>	<b>225.486</b>

**Tabelle 44 Zoar/Kaiserwald – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

## STUFE 2 – Insellösung

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Kaiserwald & Zoar	Summe
Gas-Brennwert	239	239
Öl-Brennwert	285	285
Gas-BHKW	195	195
Öl-BHKW	258	258
Wärmepumpe	198	198
Holz	127	127
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>127</b>	<b>127</b>

**Tabelle 45 Zoar/Kaiserwald – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

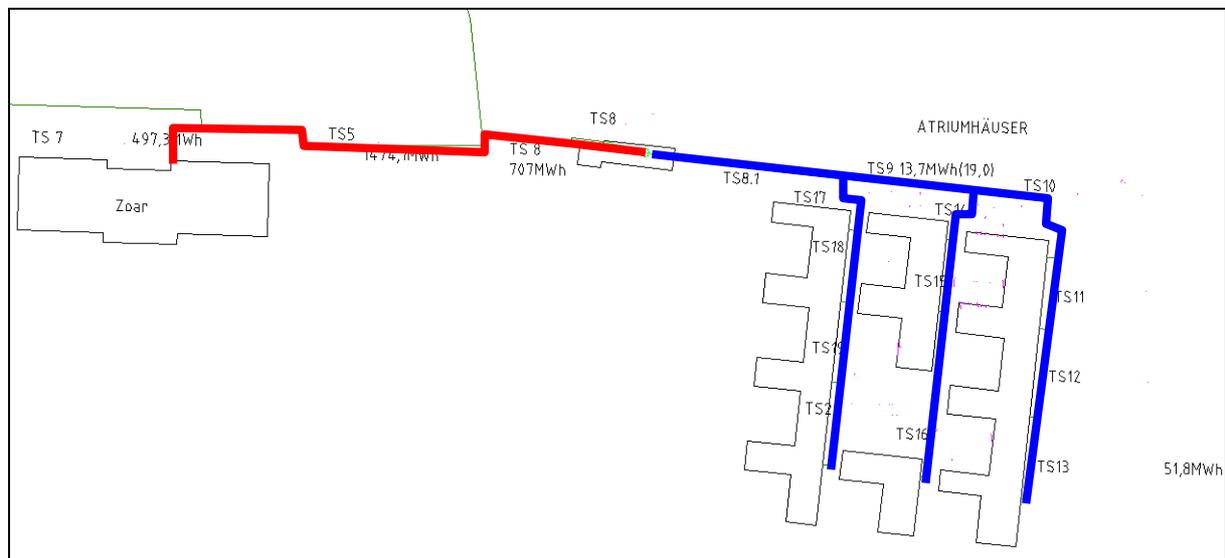
Erwartungsgemäß ergibt sich, dass eine Einzelversorgung der beiden Gebäude günstiger ist. Das betrifft die CO<sub>2</sub>-Mengen und die Gesamtkosten. Auch in diesem Fall erhält jedes Objekt einen Holzkessel. Die Kosten für zwei statt einem Holzkessel werden aufgefangen von den vermiedenen Netzverlusten.

### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung an die beiden Gebäude (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 1139 MWh/a (651 MWh/a für Zoar + 488 MWh/a für Kaiserwald) und künftig nach einer Modernisierung und der Ersetzung der Wohnhäuser am Kaiserwald durch einen Neubau geschätzte 536 MWh/a.

Es entfallen bei der Separierung der Gebäude die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 266 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 62 MWh/a heutigem Netzverlust.

Darüber hinaus werden bei einem Neubau am Kaiserwald auch die blau markierten Rohrabschnitte überflüssig. Dies sind weitere 632 m Rohr mit heutigen Verlusten von 148 MWh/a.



**Bild 19 Kaiserwald und Zoar Leitungsverluste**

Bei heutiger Wärmeabnahme der Gebäude am Kaiserwald ergibt sich ein Mehraufwand nur aufgrund des dort verlegten Rohrnetzes (blau) von etwa 30 % auf den Nutzen der Gebäude.

## 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es kann ein Fazit gezogen werden, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt:

- Die Gesamtkosten und die CO<sub>2</sub>-Mengen haben ihr Minimum in der STUFE 1 mit einem separaten Wärmeerzeuger für Zoar und für den Kaiserwald - die Kosten einer eigenen Heizzentrale lassen sich also vollständig aus den vermiedenen Netzverlusten finanzieren

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 4
Zoar	Holz	Holz
Kaiserwald	Holz	
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig	0 %	9 ... 12 %
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	123	127
Gesamtkosten langfristig	192.967	225.556

**Tabelle 46 Übersicht Ergebnisse Zoar/Kaiserwald**

Die Empfehlung für Zoar und Kaiserwald lautet demnach:

- die Gebäude am Kaiserwald sollten schnellsten durch einen Neubau ersetzt werden; nach derzeitiger Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bietet sich für dessen Versorgung ein Holzkessel an
- erst dann lohnt es sich auch für Zoar eine eigene Heizzentrale mit Holzkessel zu installieren und die Leitungen ab Höhe Elm zu kappen
- für beide Objekte wäre die Installation einer Solaranlage zu prüfen, wobei Angebote die Basis sein sollen (eine positive Vorprüfung hinsichtlich Eignung für Solarthermie ist bereits erfolgt, siehe Bericht "Solarthermie")

Das Gebäude Zoar selbst ist soweit saniert, dass die Umrüstung auf eine neue Heizzentrale dort sofort beginnen könnte. Aber: die Abkopplung der beiden Gebäude steht und fällt mit einem Neubau an der Stelle des jetzigen Kaiserwaldes. Solange hier keine Entscheidung getroffen ist, lohnt es auch nicht, Zoar umzurüsten, weil die Netztrasse dann nicht gekappt werden könnte – Kaiserwald ist das letzte Objekt am Strang.

Insgesamt ist die Entscheidung über die Gebäude des Außengebietes "Südost" prioritär, denn es könnten bei zügiger Umsetzung enorme Mengen Verteilverluste eingespart werden.

#### 4.8 Außengebiet Ost

Es wird geprüft, ob dieses Gebiet weiter wie bisher von der Zentrale aus versorgt wird oder künftig besser eine Großinsel bildet oder alle Gebäude einzeln einen Erzeuger erhalten. Zu dem Gebiet "Ost" zählen folgende Objekte:

- 6 Gebäude am Weidenweg
- ASSE

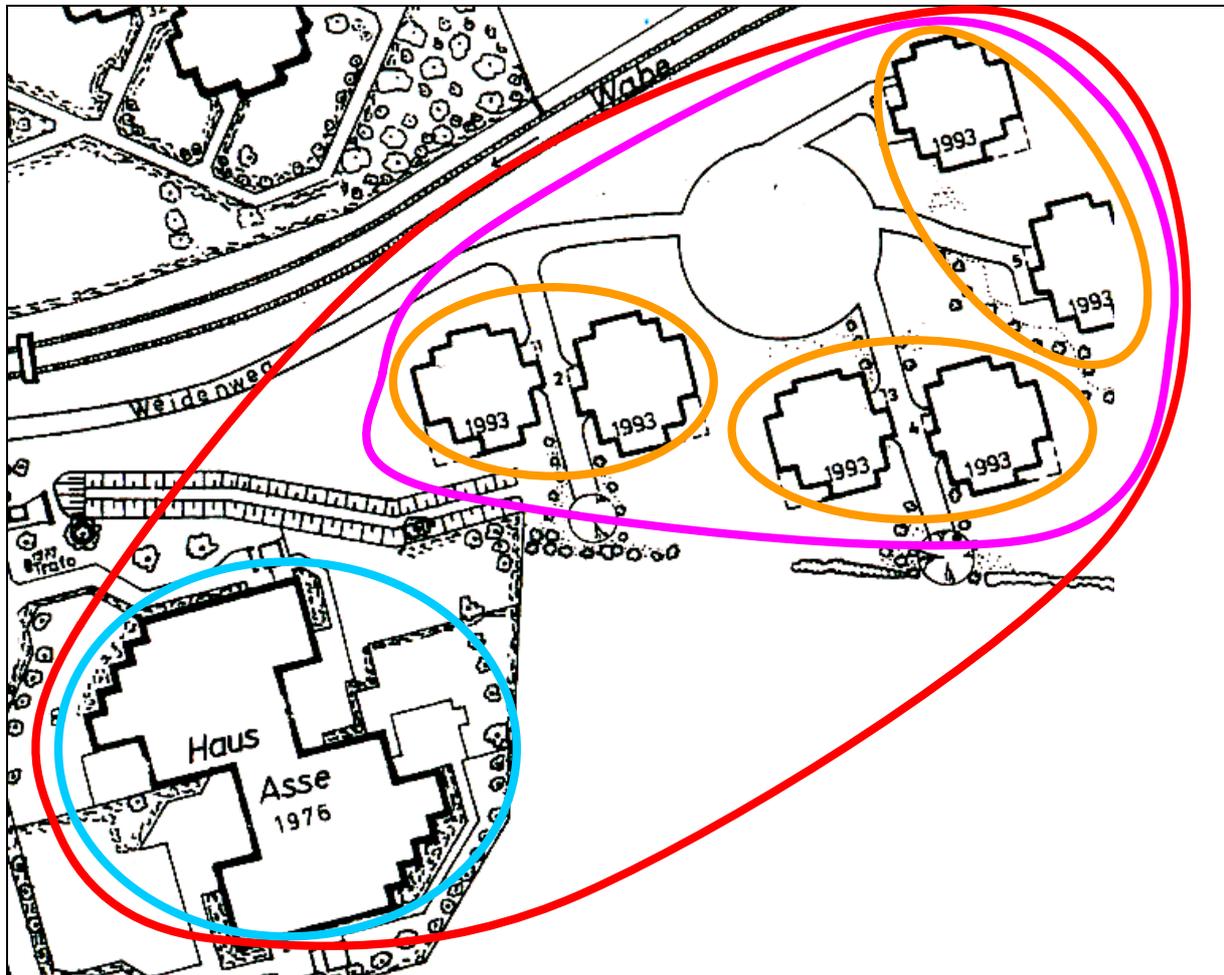


Bild 20 Asse und Weidenweg

##### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergeben sich daher folgende untersuchte Stufen:

- Stufe 1: Asse und eine 6er Insel Weidenweg werden jeweils separat vom Restnetz betrieben (Farbe: rosa und hellblau in Bild 20)
- Stufe 2: eine 6er Insel Weidenweg wird separat vom Restnetz betrieben (Farbe: rosa in Bild 20)
- Stufe 3: drei 2er Inseln Weidenweg wird separat vom Restnetz betrieben (Farbe: orange in Bild 20)
- Stufe 4: eine Gesamtinsel Asse und Weidenweg wird separat vom Restnetz betrieben (Farbe: rot in Bild 20)
- Stufe 5: die Gebäude werden zusammen aus Richtung heutiger Heizzentrale betrieben (ohne Farbmarkierung in Bild 20)

## 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Elm bis Asse oder Weidenweg)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllagerräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

## 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

### STUFE 1 – zwei Inseln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Weidenweg 6er	Asse	Summe
Gas-Brennwert	2.149.998	215.246	97.278	2.462.522
Öl-Brennwert	2.204.319	216.553	98.708	2.519.581
Gas-BHKW	1.582.068	191.243	91.416	1.864.727
Öl-BHKW	1.667.134	196.578	95.233	1.958.945
Wärmepumpe	1.919.973	181.049	80.956	2.181.977
Holz	1.540.607	162.286	72.204	1.775.097
Beste Lösung	1.540.607	162.286	72.204	1.775.097

**Tabelle 47 Außengebiet "Ost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

### STUFE 1 – zwei Inseln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden				Summe
Gas-Brennwert	2.017	191	86	2.294
Öl-Brennwert	2.442	228	106	2.776
Gas-BHKW	1.497	159	74	1.730
Öl-BHKW	2.117	209	99	2.425
Wärmepumpe	1.604	155	66	1.826
Holz	975	100	38	1.112
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>975</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>1.112</b>

**Tabelle 48 Außengebiet "Ost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Wenn die Gebäude Asse und Weidenweg als 6er-Insel von der Zentrale abgekoppelt würden, ergäben sich die höchste Wirtschaftlichkeit und die kleinste CO<sub>2</sub>-Menge mit einer Holzanlage für alle drei Heizzentralen. Es wären Netzverluste zu verzeichnen: innerhalb des Außengebietes Ost zwischen den Weidenweghäusern. Es müssten ebenfalls 2 neue Heizzentralen errichtet werden, da die Gebäude keine geeigneten Räume aufweisen.

### STUFE 2 – nur Weidenweginsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz (incl. Asse)	Weidenweg 6er	Summe
Gas-Brennwert	2.277.265	215.246	2.492.511
Öl-Brennwert	2.334.873	216.553	2.551.426
Gas-BHKW	1.665.052	191.243	1.856.295
Öl-BHKW	1.755.240	196.578	1.951.818
Wärmepumpe	2.022.178	181.049	2.203.228
Holz	1.624.092	162.286	1.786.379
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.624.092</b>	<b>162.286</b>	<b>1.786.379</b>

**Tabelle 49 Außengebiet "Ost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

### STUFE 2 – nur Weidenweginsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz (incl. Asse)	Weidenweg 6er	Summe
Gas-Brennwert	2.137	191	2.328
Öl-Brennwert	2.591	228	2.819
Gas-BHKW	1.578	159	1.738
Öl-BHKW	2.242	209	2.451
Wärmepumpe	1.693	155	1.848
Holz	1.022	100	1.122
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>1.022</b>	<b>100</b>	<b>1.122</b>

**Tabelle 50 Außengebiet "Ost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Sobald nur die Weidenweghäuser als 6er-Insel von der Zentrale abgekoppelt würden verschlechtert sich sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Grund: die Netzverluste für den Anschluss von Asse an die heutige Heizzentrale sind sehr hoch und müssten in dieser Lösung bleiben. Es wird aus dieser Erkenntnis weiter verfolgt, das Gebiet Ost ganz von der Zentrale zu trennen.

### STUFE 3 – drei Weidenweginseln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz (incl. Asse)	Weidenweg 2er	Weidenweg 2er	Weidenweg 2er	Summe
Gas-Brennwert	2.277.265	68.770	69.140	68.506	2.483.682
Öl-Brennwert	2.334.873	68.999	68.999	68.999	2.541.870
Gas-BHKW	1.665.052	66.016	66.386	65.752	1.863.206
Öl-BHKW	1.755.240	68.090	68.090	68.090	1.959.509
Wärmepumpe	2.022.178	58.387	58.387	58.387	2.197.340
Holz	1.624.092	65.760	65.760	65.760	1.821.373
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.624.092</b>	<b>58.387</b>	<b>58.387</b>	<b>58.387</b>	<b>1.799.254</b>

**Tabelle 51 Außengebiet "Ost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

### STUFE 3 – drei Weidenweginseln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz (incl. Asse)	Weidenweg 2er	Weidenweg 2er	Weidenweg 2er	Summe
Gas-Brennwert	2.137	60	60	60	2.317
Öl-Brennwert	2.591	71	71	71	2.805
Gas-BHKW	1.578	52	52	52	1.733
Öl-BHKW	2.242	66	66	66	2.441
Wärmepumpe	1.693	49	49	49	1.841
Holz	1.022	32	32	32	1.119
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>1.022</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>1.171</b>

**Tabelle 52 Außengebiet "Ost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Zum Vergleich mit der vorherigen Lösung wird getestet, ob eine weitere Separierung der Weidenweghäuser das Ergebnis verbessert oder verschlechtert. Es zeigt sich, dass nun die Wärmepumpenlösung (eine für jeweils 2 Gebäude) die beste ist, weil die Baumaßnahmen geringer ausfallen als beim Holzkessel. Außerdem fallen hier weitere Netzverluste weg. Dennoch ergibt diese Lösung insgesamt eine schlechtere Wirtschaftlichkeit und eine höhere CO<sub>2</sub>-Menge. Die Separierung der Weidenweghäuser wird daher nicht weiter verfolgt.

### STUFE 4 – Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Insel Asse & Weidenweg	Summe
Gas-Brennwert	2.149.998	307.413	2.457.411
Öl-Brennwert	2.204.319	312.612	2.516.932
Gas-BHKW	1.582.068	268.785	1.850.853
Öl-BHKW	1.667.134	279.248	1.946.381
Wärmepumpe	1.919.973	259.273	2.179.245
Holz	1.540.607	225.362	1.765.968
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.540.607</b>	<b>225.362</b>	<b>1.765.968</b>

**Tabelle 53 Außengebiet "Ost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 4**

### STUFE 4 – Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Insel Asse & Weidenweg	Summe
Gas-Brennwert	2.017	281	2.298
Öl-Brennwert	2.442	339	2.781
Gas-BHKW	1.497	235	1.732
Öl-BHKW	2.117	311	2.429
Wärmepumpe	1.604	224	1.829
Holz	975	138	1.113
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>975</b>	<b>138</b>	<b>1.113</b>

**Tabelle 54 Außengebiet "Ost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 4**

Die Lösung, eine separate Insel aus den Gebäuden Asse und Weidenweg aufzubauen und sie damit von der Zentrale zu trennen, führt zur bislang besten Wirtschaftlichkeit bzw. den kleinsten Gesamtkosten. Es ist in dieser Lösung nur eine neue Heizzentrale notwendig. Am besten schneidet – wegen der Größe der Insel – die Holzfeuerung ab.

#### STUFE 5 – Netzbetrieb wie heute

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Asse und Weidenweg	Summe
Gas-Brennwert	2.483.478	2.483.478
Öl-Brennwert	2.545.349	2.545.349
Gas-BHKW	1.815.738	1.815.738
Öl-BHKW	1.912.436	1.912.436
Wärmepumpe	2.201.413	2.201.413
Holz	1.773.364	1.773.364
Bestandsanlage	2.521.106	2.521.106
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.773.364</b>	<b>1.773.364</b>

**Tabelle 55 Außengebiet "Ost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 5**

#### STUFE 5 – Netzbetrieb wie heute

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Asse und Weidenweg	Summe
Gas-Brennwert	2.333	2.333
Öl-Brennwert	2.826	2.826
Gas-BHKW	1.726	1.726
Öl-BHKW	2.446	2.446
Wärmepumpe	1.852	1.852
Holz	1.124	1.124
Bestandsanlage	2.378	2.378
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>1.124</b>	<b>1.124</b>

**Tabelle 56 Außengebiet "Ost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 5**

Ein Weiterbetrieb der Anlage wie heute ist unwirtschaftlicher als eine Insellösung. Zwar werden die Kosten für eine neue Heizzentrale gespart, jedoch das Netz mit hohen Wärmeverlusten betrieben.

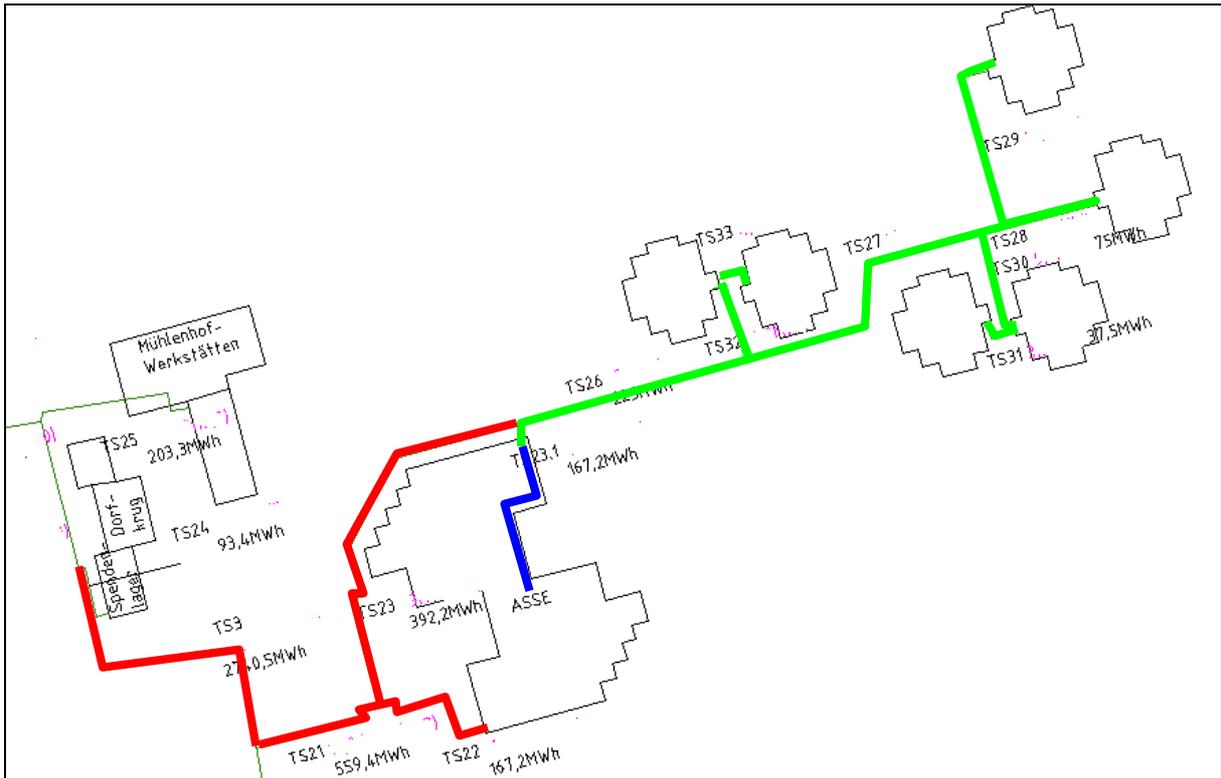
#### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung des der 7 Gebäude des Außengebietes Ost (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 902 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 433 MWh/a.

Es entfallen bei einer Separierung der Gebäude von der Zentrale die in der nachfolgenden Grafik rot markierten Leitungen des heutigen Netzes mit zusammen 404 m Länge (Summe aus Vor- und Rücklauf) und etwa 136 MWh/a heutigem Netzverlust.

Die erst mit der Errichtung der Weidenweghäuser installierten Leitungen aus den 1990er Jahren (grün) würden erhalten bleiben. Sie sind bereits deutlich besser gedämmt als die Anschlussleitungen von Asse – außerdem im Querschnitt deutlich geringer. Es handelt sich um 528 m Rohr mit 83 MWh/a Wärmeverlusten.

Neu hinzu käme innerhalb des Gebäudes Asse eine Verbindung der dortigen 2 Heizzentralen zu einer (blau): 80 m Rohr mit 3 MWh/a Verlust.



**Bild 21 Asse und Weidenweg Leitungsverluste**

## 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Das Fazit zu Gesamtkosten, Endenergie, CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Netzverlusten lautet:

- Die Gesamtkosten haben ihr Minimum in der STUFE 4 mit einem separaten Wärmezeuger für die Großinsel "Ost"
- Die CO<sub>2</sub>-Mengen haben bezogen auf heutige Emissionskennwerte kein ausgeprägtes Minimum, haben jedoch in der STUFE 4 den zweitniedrigsten Wert

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3	STUFE 4	STUFE 5
Restgebiet	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
Asse	Holz			Holz	
Weidenweg 2er	Holz	Holz	Strom	Holz	
Weidenweg 2er			Strom		
Weidenweg 2er			Strom		
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig (ohne Restgebiet)	5 ... 7 %	8 ... 11 %	0 %	7 ... 10 %	k. A.
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	1.112	1.122	1.171	1.113	1.124
Gesamtkosten langfristig	1.775.097	1.786.379	1.799.254	1.765.968	1.773.354

**Tabelle 57 Übersicht Ergebnisse Außengebiet "Ost"**

Die Empfehlung für das Außengebiet "Ost" lautet demnach:

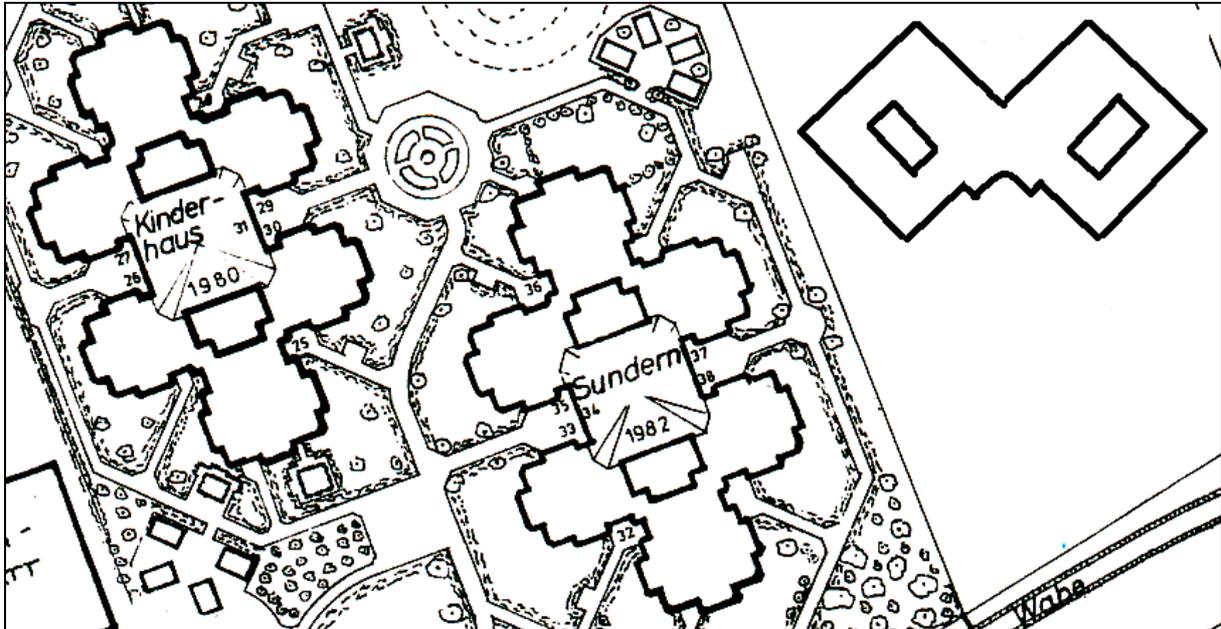
- Die Gebäude sollten eine neue gemeinsame Heizzentrale als Holzheizung (heutiger Stand der Untersuchungen) erhalten – wie unter STUFE 4 beschrieben
- dies setzt voraus, dass alle Gebäude bereits modernisiert sind, damit die Heizzentrale entsprechend klein ausfällt
- der Einsatz von Solarthermie sollte auf Basis von Angeboten geprüft werden, eine grundsätzliche Eignung der Gebäude kann vorausgesetzt werden (siehe Bericht "Solarthermie")

Die Abkopplung des Außengebietes Ost von der heutigen Netztrasse kann danach erfolgen und die Leitung bis Höhe Dorfkrug rückgebaut bzw. stillgelegt werden. Insgesamt hat die Umsetzung der Maßnahmen eine geringere Priorität verglichen mit anderen Objekten der Peripherie.

## 4.9 Außengebiet Nordost

Zu dem Gebiet "Nordost" zählen folgende Objekte:

- Lindenplatz
- Sundern
- das zu errichtende Objekt Mohnmorgen



**Bild 22 Außengebiet Nordost**

Für das Außengebiet "Nordost" wird nachfolgend zunächst geklärt, ob es sinnvoll ist, diese Gebäude als eine separate Insel oder als Teil einer zentralen Nahwärme – wie heute – zu versorgen.

### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergibt sich folgende Gruppenbildung von Inseln und Gesamtgebiet:

- Stufe 1: Insel "Nordost", Restgebiet
- Stufe 2: gemeinsames Gesamtgebiet wie heute

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein möglicher sanierter Zustand der Gebäude, weil besonders im Zuge von Sanierungen einerseits über neue Wärmeerzeugung nachzudenken ist, andererseits die Netzverluste der heutigen Nahwärme dann einen hohen Anteil aufweisen.

Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Werkstatt Wabeweg)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum

- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllagerräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 - Insellösung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Insel Nordost	Summe
Gas-Brennwert	1.734.861	366.829	2.101.690
Öl-Brennwert	1.778.946	378.065	2.157.011
Gas-BHKW	1.306.642	305.537	1.612.179
Öl-BHKW	1.375.554	323.664	1.699.218
Wärmepumpe	1.567.198	317.135	1.884.332
Holz	1.261.511	260.516	1.522.027
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.261.511</b>	<b>260.516</b>	<b>1.522.027</b>

**Tabelle 58 Außengebiet "Nordost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – Insellösung

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet	Mohnmorgen	Summe
Gas-Brennwert	1.636	328	1.965
Öl-Brennwert	1.969	406	2.375
Gas-BHKW	1.238	260	1.499
Öl-BHKW	1.723	364	2.087
Wärmepumpe	1.311	258	1.569
Holz	820	139	959
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>820</b>	<b>139</b>	<b>959</b>

**Tabelle 59 Außengebiet "Nordost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Wenn die Gebäude Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen als Insel von der Zentrale abgekoppelt, ergäbe sich die höchste Wirtschaftlichkeit und die kleinste CO<sub>2</sub>-Menge mit einer Holzanlage.

## STUFE 2 – Versorgung von der Zentrale

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Außengebiet Nordost	Summe
Gas-Brennwert	2.152.870	2.152.870
Öl-Brennwert	2.207.192	2.207.192
Gas-BHKW	1.584.928	1.584.928
Öl-BHKW	1.669.995	1.669.995
Wärmepumpe	1.922.670	1.922.670
Holz	1.543.471	1.543.471
Bestandsanlage	2.182.761	2.182.761
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.543.471</b>	<b>1.543.471</b>

**Tabelle 60 Außengebiet "Nordost" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

## STUFE 2– Versorgung von der Zentrale

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Außengebiet Nordost	Summe
Gas-Brennwert	2.017	2.017
Öl-Brennwert	2.442	2.442
Gas-BHKW	1.497	1.497
Öl-BHKW	2.117	2.117
Wärmepumpe	1.604	1.604
Holz	975	975
Bestandsanlage	2.054	2.054
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>975</b>	<b>975</b>

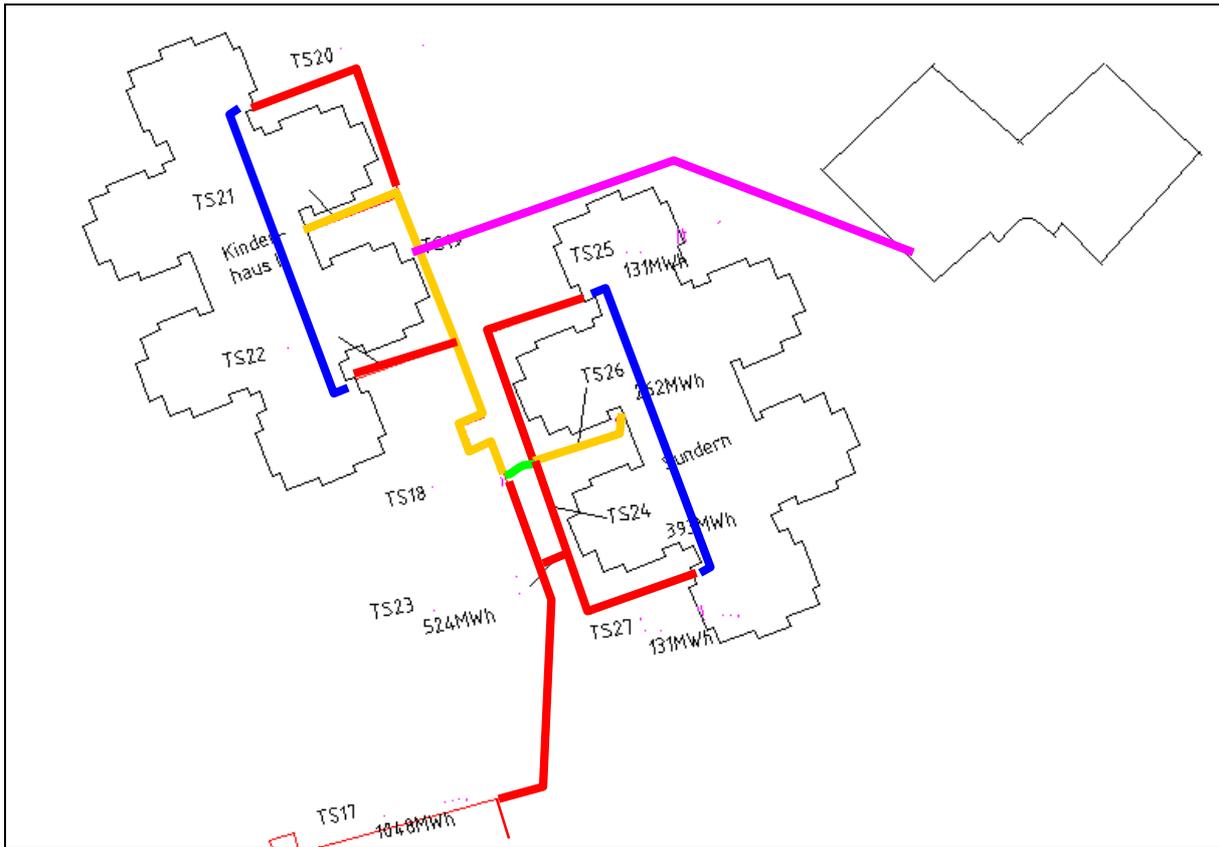
**Tabelle 61 Außengebiet "Nordost" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Ein Weiterbetrieb der Anlage wie heute ist die zweitwirtschaftlichste Lösung. Sie ist mit den höchsten Netzverlusten und damit CO<sub>2</sub>-Mengen verbunden. Trotz des neuen Erzeugers für diese Insel, liegen die Gesamtkosten langfristig etwa 20.000 €/a unter denen einer Zentralversorgung.

### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der 3 Gebäude des Außengebietes Nordost (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 1216 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 856 MWh/a. Die Werte von Mohnmorgen sind anhand anderer Pflegegebäude geschätzt. Für das Netz einer Insel gilt:

- es sollten nach einer Modernisierung die rot markierten Leitungen entfallen (397 m mit 109 MWh/a Verlust)
- weil die Heizzentralen im Inneren der Gebäude miteinander verbunden werden, ergeben sich innerhalb der Gebäude neu 440 m mit 18 MWh/a Verlusten (blau)
- im Erdreich werden die Gebäude Lindenplatz und Sundern neu miteinander verbunden über die grüne Leitung (12 m mit 1 MWh/a Verlusten)
- der Anschluss des Gebäudes Mohnmorgen ist noch unklar, eine Empfehlung kann jedoch nur sein, die Leitungen zu kurz wie möglich zu wählen; gerechnet wurde hier mit 160 m Rohr und 15 MWh/a Verlusten



**Bild 23 Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen Leitungsverluste**

### 5 Schritt: Fazit und Empfehlung

Das Außengebiet "Nordost" sollte komplett von der heutigen Zentrale separiert werden, weil es so mit weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß und gleichzeitig wirtschaftlicher betrieben werden kann. Ob es sich lohnt, eine separate Großinsel aus diesen Gebäuden zu bilden oder die Objekte besser einzeln zu versorgen, klärt das nachfolgende Kapitel.

#### 4.10 Lindenplatz, Sundern, Mohnmorgen

Nachdem die Trennung des Gebietes sich als insgesamt sinnvoll erwiesen hat, werden nun die Details erarbeitet. Es wird geprüft, ob das Gebiet "Nordost" künftig besser eine Großinsel bildet oder alle Gebäude einzeln einen Erzeuger erhalten oder eine Zwischenlösung am besten ist.

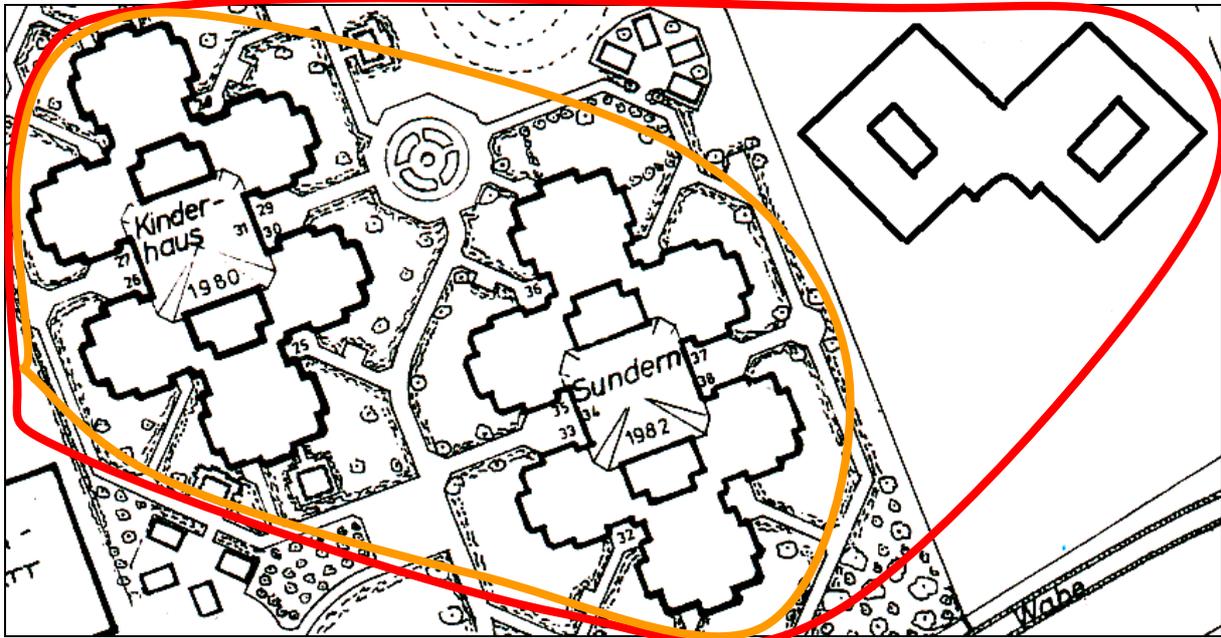


Bild 24 Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen

##### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergeben sich daher folgende untersuchte Stufen:

- Stufe 1: Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen werden alle einzeln betrieben (Farbe: rosa in Bild 24)
- Stufe 2: Lindenplatz und Sundern zusammen sowie Mohnmorgen allein werden separat vom Netz betrieben (Farbe: orange in Bild 24)
- Stufe 3: die drei Gebäude werden als Insel separat vom Netz betrieben (Farbe: rot in Bild 24)

##### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein sanierter Zustand der Gebäude. Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Werkstatt Wabeweg)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllageräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Lindenplatz	Sundern	Mohnmorgen	Summe
Gas-Brennwert	135.490	133.851	82.936	352.277
Öl-Brennwert	137.696	137.696	84.019	359.411
Gas-BHKW	120.387	118.748	74.381	313.515
Öl-BHKW	125.888	125.888	78.145	329.920
Wärmepumpe	113.114	113.114	74.828	301.056
Holz	96.765	96.765	64.989	258.520
<b>Beste Lösung</b>	96.765	96.765	64.989	258.520

**Tabelle 62 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

STUFE 1 – alle Gebäude einzeln CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Lindenplatz	Sundern	Mohnmorgen	Summe
Gas-Brennwert	120	120	73	314
Öl-Brennwert	149	149	88	387
Gas-BHKW	98	98	58	254
Öl-BHKW	136	136	79	351
Wärmepumpe	94	94	61	249
Holz	49	49	36	135
<b>Gewählte Lösung</b>	49	49	36	135

**Tabelle 63 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Wenn die Gebäude Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen einzeln versorgt würden, ergäben sich die höchste Wirtschaftlichkeit und die kleinste CO<sub>2</sub>-Menge mit einer Holzanlage pro Gebäude. Diese müssten allerdings neu errichtet werden, da die Gebäude keine geeigneten Räume aufweisen. Die Netzverluste zwischen den Gebäuden dieser Insel entfielen.

#### STUFE 2 – Kleininsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Lindenplatz und Sundern	Mohnmorgen	Summe
Gas-Brennwert	283.496	82.936	366.432
Öl-Brennwert	289.949	84.019	373.968
Gas-BHKW	240.672	74.381	315.052
Öl-BHKW	252.674	78.145	330.819
Wärmepumpe	237.737	74.828	312.564
Holz	198.210	64.989	263.199
<b>Beste Lösung</b>	198.210	64.989	263.199

**Tabelle 64 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

### STUFE 2 – Kleininsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Lindenplatz und Sundern	Mohnmorgen	Summe
Gas-Brennwert	251	73	325
Öl-Brennwert	312	88	401
Gas-BHKW	201	58	259
Öl-BHKW	282	79	361
Wärmepumpe	195	61	255
Holz	102	36	138
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>102</b>	<b>36</b>	<b>138</b>

**Tabelle 65 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Werden die Gebäude Lindenplatz und Sundern zusammengefasst und erhalten eine gemeinsame Heizzentrale, steigen die Gesamtkosten. Die entfallenen Kosten einer Heizzentrale werden von höheren Netzverlusten kompensiert.

### STUFE 3 - Großinsel

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Außengebiet Nordost	Summe
Gas-Brennwert	366.829	366.829
Öl-Brennwert	378.065	378.065
Gas-BHKW	305.537	305.537
Öl-BHKW	323.664	323.664
Wärmepumpe	317.135	317.135
Holz	260.516	260.516
<b>Beste Lösung</b>	<b>260.516</b>	<b>260.516</b>

**Tabelle 66 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

### STUFE 3 – Großinsel

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Außengebiet Nordost	Summe
Gas-Brennwert	328	328
Öl-Brennwert	406	406
Gas-BHKW	260	260
Öl-BHKW	364	364
Wärmepumpe	258	258
Holz	139	139
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>139</b>	<b>139</b>

**Tabelle 67 Lindenpl./Sundern/Mohnm. – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Ein Betrieb als Großinsel führt zu Gesamtkosten, die wieder geringer sind. Es vermindern sich die Kosten für die Heizzentralen, jedoch erhöhen sich die Netzverluste und CO<sub>2</sub>-Mengen. Es wird fast das wirtschaftliche Niveau von STUFE 1 erreicht, jedoch mit ungünstigeren Umweltparametern.

#### 4. Schritt: Aussagen zu Netzverlusten

Die Summe der Nettowärmeanforderung der 3 Gebäude des Außengebietes "Nordost" (Nutzen plus Netze im Gebäude) beträgt heute 1216 MWh/a und künftig nach einer Modernisierung geschätzte 856 MWh/a. Die Werte von Mohnmorgen sind anhand anderer Pflegegebäude geschätzt.

- es sollten nach einer Modernisierung die rot markierten Leitungen entfallen (520 m mit 141 MWh/a Verlust), weil die Heizzentralen im Inneren der Gebäude miteinander verbunden werden
- die blauen Leitungen innerhalb der Gebäude kommen daher neu hinzu (440 m mit 18 MWh/a Verlusten)
- der Anschluss des Gebäudes Mohnmorgen ist noch unklar, der momentan geplante Anschluss (rosa, gestrichelt) entfielen; er hätte mit seinen ca. 220 m Rohr etwa 20 MWh/a Verluste

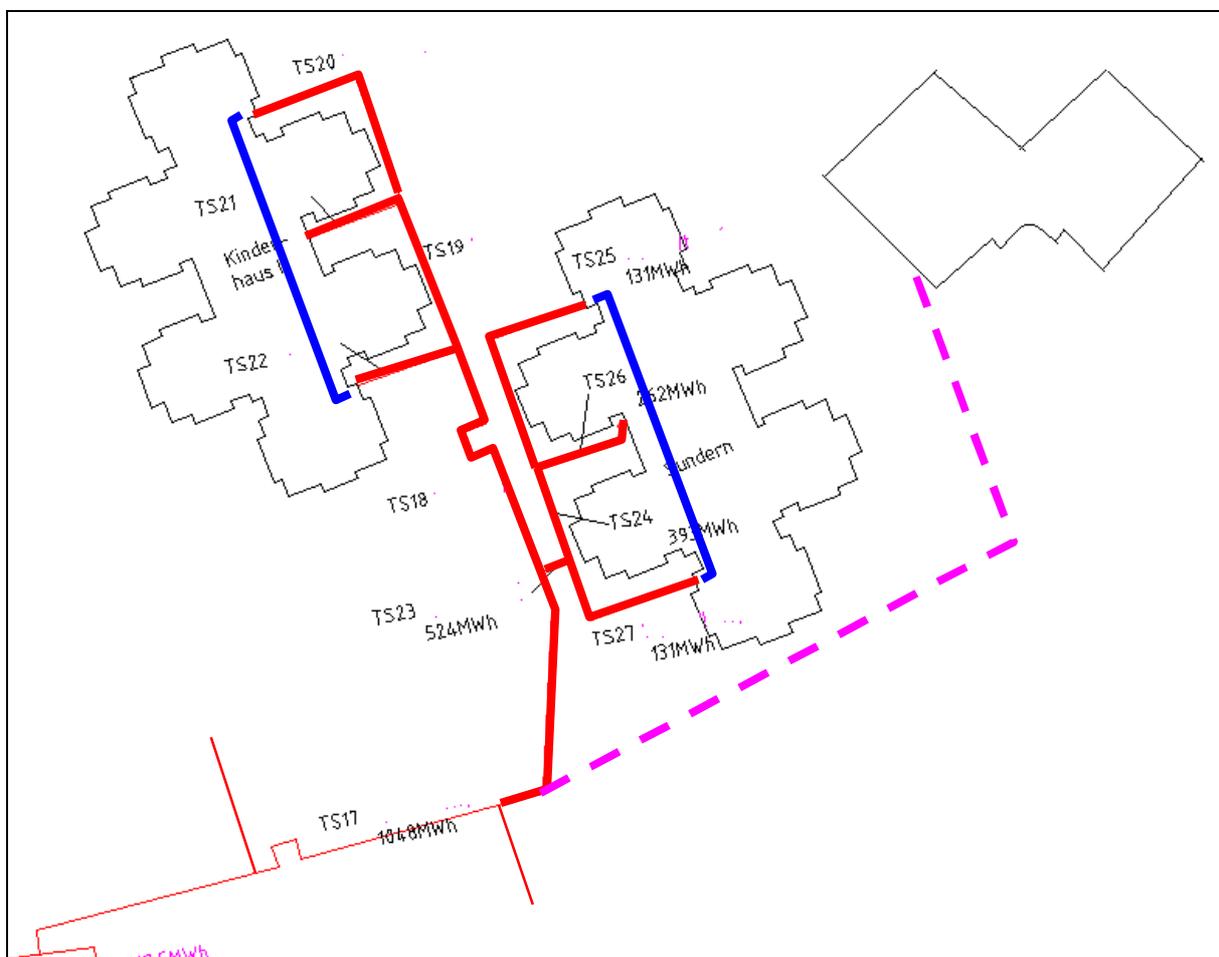


Bild 25 Lindenplatz, Sundern und Mohnmorgen Leitungsverluste

## 5. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es kann ein Fazit gezogen werden, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt:

- Die Gesamtkosten, die Netzverluste und die CO<sub>2</sub>-Mengen haben ihr Minimum in der STUFE 1 mit jeweils separaten Wärmeerzeugern in den 3 Gebäuden – die Kosten eigener Heizzentrale lassen sich also vollständig aus den vermiedenen Netzverlusten finanzieren

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3
Lindenplatz	Holz	Holz	Holz
Sundern	Holz		
Mohnmorgen	Holz		
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig (ohne Restgebiet)	0 %	4 ... 5 %	5... 7%
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	135	138	139
Gesamtkosten langfristig	258.520	263.199	260.516

**Tabelle 68 Übersicht Ergebnisse Außengebiet "Nordost"**

Die Empfehlung für das Außengebiet Nordost lautet demnach:

- die drei Gebäude sollten jedes eine neue Heizzentrale als Holzheizung erhalten – wie unter STUFE 1 beschrieben, denn es entfallen die Netzverluste, die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist die positivste und die Gesamtkosten sind am geringsten
- dies setzt voraus, dass alle Gebäude "Lindenplatz" und "Sundern" bereits modernisiert sind, damit die Heizzentralen entsprechend klein ausfallen
- das Gebäude "Mohnmorgen" wird bereits mit der Holzheizung errichtet
- der Einsatz von Solarthermie sollte auf Basis von Angeboten für alle drei Gebäude geprüft werden, eine grundsätzliche Eignung der Gebäude kann vorausgesetzt werden (siehe Bericht "Solarthermie")

Die Abkopplung des Außengebietes "Nordost" von der heutigen Netztrasse kann sofort nach der Modernisierung erfolgen und die Leitung bis Höhe Werkstatt Wabeweg rückgebaut bzw. stillgelegt werden.

Für das Gebäude "Mohnmorgen" kann von der höchsten Priorität hinsichtlich der Entscheidung über die Wärmeversorgung ausgegangen werden, da das Gebäude bereits in der Planung ist. Auch für die anderen beiden Gebäude ließen sich die ohnehin in Kürze anstehenden Modernisierungen mit der Netztrennung sinnvoll kombinieren. Damit rückt das gesamte Außengebiet "Nordost" weit nach vorn hinsichtlich der Priorität einer Umsetzung der Maßnahmen.

## 4.11 Außengebiet Nord

Ebenfalls an der Peripherie der Liegenschaft sind die Gebäude des Außengebietes "Nord" zu finden:

- Gartenweg 10
- Nähzentrum
- Foliengewächshäuser

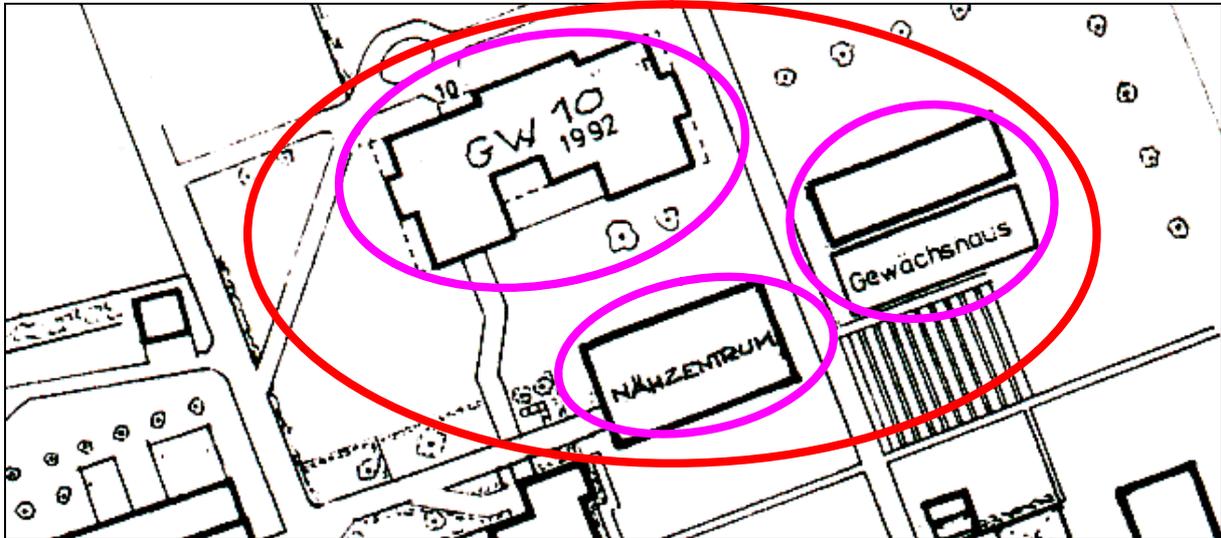


Bild 26 Gebiet Nord

### 1. Schritt: Inselbildung

Es wird geprüft, ob dieses Gebiet weiter wie bisher von der Zentrale aus versorgt wird oder künftig besser eine Insel bildet oder alle Gebäude einzeln einen Erzeuger erhalten. Es ergeben sich daher folgende untersuchte Stufen:

- Stufe 1: die drei Gebäude erhalten jeweils einen Erzeuger (Farbe: rosa in Bild 26)
- Stufe 2: die drei Gebäude erhalten einen gemeinsamen Erzeuger (Farbe: rot in Bild 26)
- Stufe 3 die Gebäude werden zusammen aus Richtung heutiger Heizzentrale betrieben (ohne Farbmarkierung in Bild 26)

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein sanierter Zustand der Gebäude. Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Zentrale)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllageräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Gartenweg Zehn	Nähzentrum	Foliengewächshäuser	Summe
Gas-Brennwert	2.075.147	33.954	18.040	23.811	2.150.952
Öl-Brennwert	2.127.906	34.142	16.744	23.286	2.202.078
Gas-BHKW	1.534.165	34.123	20.095	23.500	1.611.883
Öl-BHKW	1.616.529	35.557	19.470	24.705	1.696.260
Wärmepumpe	1.847.041	31.137	16.451	24.757	1.919.386
Holz	1.486.348	33.991	18.206	24.800	1.563.344
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.486.348</b>	<b>31.137</b>	<b>16.451</b>	<b>23.286</b>	<b>1.557.222</b>

**Tabelle 69 Außengebiet "Nord" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – alle Gebäude einzeln

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Gartenweg Zehn	Nähzentrum	Foliengewächshäuser	Summe
Gas-Brennwert	1.947	29	13	17	2.007
Öl-Brennwert	2.357	34	15	22	2.428
Gas-BHKW	1.450	25	13	11	1.499
Öl-BHKW	2.047	32	15	19	2.113
Wärmepumpe	1.549	25	11	11	1.597
Holz	940	17	9	5	972
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>940</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>999</b>

**Tabelle 70 Außengebiet "Nord" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Wenn die drei Gebäude von der Zentrale abgekoppelt würden und mit separaten Erzeugern ausgestattet, ergäbe sich die höchste Wirtschaftlichkeit und die kleinste CO<sub>2</sub>-Menge mit Wärmepumpen bzw. Ölkesseln.

#### STUFE 2 - Inselösung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Insel Nord	Summe
Gas-Brennwert	2.075.147	78.922	2.154.069
Öl-Brennwert	2.127.906	75.652	2.203.558
Gas-BHKW	1.534.165	72.217	1.606.382
Öl-BHKW	1.616.529	71.503	1.688.032
Wärmepumpe	1.847.041	70.805	1.917.846
Holz	1.486.348	73.904	1.560.252
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.486.348</b>	<b>70.805</b>	<b>1.557.152</b>

**Tabelle 71 Außengebiet "Nord" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

### STUFE 2 – Insellösung

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Insel Nord	Summe
Gas-Brennwert	1.947	64	2.011
Öl-Brennwert	2.357	77	2.434
Gas-BHKW	1.450	50	1.501
Öl-BHKW	2.047	69	2.116
Wärmepumpe	1.549	51	1.600
Holz	940	32	973
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>940</b>	<b>51</b>	<b>991</b>

**Tabelle 72 Außengebiet "Nord" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Da in dieser Insel weder Schornsteine noch Lagerräume vorhanden sind, ergibt sich als beste Lösung für eine Insel die gemeinsame Wärmepumpe. Die Insellösung schneidet mit besserer Wirtschaftlichkeit ab.

### STUFE 3 – Versorgung über Zentrale

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Insel Nord	Summe
Gas-Brennwert	2.148.879	2.148.879
Öl-Brennwert	2.203.170	2.203.170
Gas-BHKW	1.581.576	1.581.576
Öl-BHKW	1.666.587	1.666.587
Wärmepumpe	1.919.054	1.919.054
Holz	1.539.894	1.539.894
Bestandsanlage	2.179.732	2.179.732
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.539.894</b>	<b>1.539.894</b>

**Tabelle 73 Außengebiet "Nord" – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 3**

### STUFE 3 – Versorgung über Zentrale

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Insel Nord	Summe
Gas-Brennwert	2.016	2.016
Öl-Brennwert	2.441	2.441
Gas-BHKW	1.496	1.496
Öl-BHKW	2.116	2.116
Wärmepumpe	1.604	1.604
Holz	974	974
Bestandsanlage	2.054	2.054
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>974</b>	<b>974</b>

**Tabelle 74 Außengebiet "Nord" – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 3**

Der Weiterbetrieb der Anlage wie heute ist wirtschaftlicher als eine Insellösung.

#### 4. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es muss ein Fazit gezogen werden, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt.

- Die Gesamtkosten haben ihr Minimum in der STUFE 3 bei Ankopplung an die Zentrale wie bisher

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3
Restgebiet	Holz	Holz	Holz
Gartenweg 10	Strom	Strom	
Nähzentrum	Strom		
Foliengewächshäuser	Heizöl		
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig (ohne Restgebiet)	0 %	8 ... 11 %	k. A.
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	999	991	974
Gesamtkosten langfristig	1.557.487	1.557.152	1.539.894

**Tabelle 75 Übersicht Ergebnisse Außengebiet "Nord"**

Die Empfehlung für das Außengebiet "Nord" lautet demnach:

- der Anschluss an die heutige Nahwärme bleibt.

## 4.12 Therapiehaus

Da das Therapiehaus sehr weit abgeschlagen von anderen Objekten liegt, wird separat geprüft, ob eine Einzelversorgung sinnvoller ist.

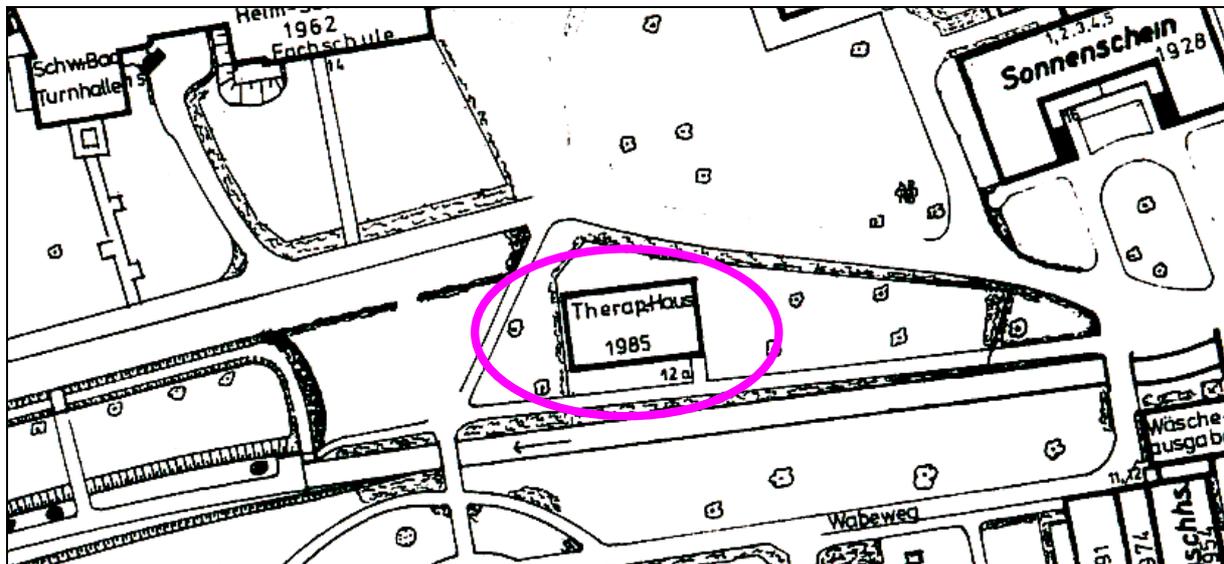


Bild 27 Therapiehaus

### 1. Schritt: Inselbildung

Es ergeben sich daher folgende untersuchte Stufen:

- Stufe 1: das Gebäude wird einzeln versorgt (Farbe: rot in Bild 27)
- Stufe 2 das Gebäude wird als Teil des Netzes betrieben (ohne Farbmarkierung in Bild 27)

### 2. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist ein sanierter Zustand der Gebäude. Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Gas-Brennwertkessel mit Verlegung einer Gasleitung (gerechnet in diesem Fall ab Höhe Sonnenschein)
- Öl-Brennwertkessel mit Installation eines entsprechenden Tanks in einem Kellerraum oder Lagerraum
- Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel – Peripherie jeweils ansonsten wie bei der Kessellösung plus kleinem Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Wärmepumpe mit Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder aus der Außenluft mit Installation eines kleinen Pufferspeichers zur Vergleichmäßigung des Lastgangs
- Holzkessel als Pelletkessel (kleine Leistungen) oder Holzhackschnitzelkessel (große Leistungen); mit Pufferspeicher zur Vergleichmäßigung des Lastgangs sowie Lagerraum
- Anschluss an das bestehende Netz, wie es heute vorhanden ist

Sofern Schornsteine, Holz- oder Öllagerräume fehlen, werden Kosten dafür eingerechnet. Für alle Lösungen sind entsprechende Trinkwasserspeicher bzw. Wärmetauscher als Kostenpositionen berücksichtigt. Außerdem Kosten für Nahwärmeübergabestationen sobald Gebäude über Erdleitungen miteinander verbunden sind.

### 3. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für die Einzelgebäude bzw. für die Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für einen modernisierten Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

#### STUFE 1 - Einzellösung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Therapiehaus	Summe
Gas-Brennwert	674.202	20.064	694.265
Öl-Brennwert	695.903	14.225	710.128
Gas-BHKW	533.307	22.117	555.424
Öl-BHKW	566.434	16.969	583.403
Wärmepumpe	602.913	13.080	615.993
Holz	494.585	15.368	509.953
<b>Beste Lösung</b>	<b>494.585</b>	<b>13.080</b>	<b>507.665</b>

**Tabelle 76 Therapiehaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 1**

#### STUFE 1 – Einzellösung

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restnetz	Therapiehaus	Summe
Gas-Brennwert	631	11	641
Öl-Brennwert	760	13	773
Gas-BHKW	489	10	499
Öl-BHKW	674	13	687
Wärmepumpe	505	8	512
Holz	313	5	318
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>313</b>	<b>8</b>	<b>321</b>

**Tabelle 77 Therapiehaus – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 1**

Wenn das Therapiehaus von der Zentrale abgekoppelt würden und mit einem separaten Erzeuger ausgestattet, ergäbe sich die höchste Wirtschaftlichkeit und die kleinste CO<sub>2</sub>-Menge mit Wärmepumpe.

#### STUFE 2 - Netzlösung

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Therapiehaus	Summe
Gas-Brennwert	691.728	691.728
Öl-Brennwert	713.766	713.766
Gas-BHKW	548.230	548.230
Öl-BHKW	581.835	581.835
Wärmepumpe	618.325	618.325
Holz	507.755	507.755
<b>Beste Lösung</b>	<b>507.755</b>	<b>507.755</b>

**Tabelle 78 Therapiehaus – Gesamtkosten nach einer Modernisierung – Stufe 2**

#### STUFE 2 – Netzlösung

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei modernisierten Gebäuden	Restgebiet incl. Therapiehaus	Summe
Gas-Brennwert	644	644
Öl-Brennwert	776	776
Gas-BHKW	499	499
Öl-BHKW	688	688
Wärmepumpe	514	514
Holz	318	318
<b>Gewählte Lösung</b>	<b>318</b>	<b>318</b>

**Tabelle 79 Therapiehaus – CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach einer Modernisierung – Stufe 2**

Der Weiterbetrieb der Anlage wie heute ist etwa genauso wirtschaftlich wie eine Insellösung. Da die Netztrasse sowieso an dem Gebäude vorbei bis zur Schule geführt wird, ist eine Abkopplung eher kritisch.

#### 4. Schritt: Fazit und Empfehlung

Es muss ein Fazit gezogen werden, welches die Thematik Gesamtkosten sowie die Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Betrachtungen sowie die Netzverluste mit einschließt.

- Die Gesamtkosten haben kein Minimum
- die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist bei der zentralen Lösung günstiger, wenn dort Holz eingesetzt wird

In der Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorbetrachtung ergibt sich folgendes Bild:

	STUFE 1	STUFE 3
Restgebiet	Holz	Holz
Therapiehaus	Strom	
Mehraufwand Endenergie für Netzverluste langfristig (ohne Restgebiet)	0 %	k. A.
CO <sub>2</sub> -Menge langfristig	321	318
Gesamtkosten langfristig	507.665	507.755

**Tabelle 80 Übersicht Ergebnisse Therapiehaus**

Die Empfehlung für das Therapiehaus lautet demnach:

- der Anschluss an die heutige Nahwärme bleibt.

### 4.13 Fazit Peripherie

Vor den Details zu einzelnen Gebäuden sollen die allgemeinen Erkenntnisse zusammengestellt werden, welche die Abkopplung von Gebäuden von der zentralen Nahwärme betreffen:

1. Eine Abkopplung ist umso sinnvoller, je kleiner der Bedarf des Gebäudes im Verhältnis zu den Verteilnetzverlusten an das Erdreich ist. Daher ist die Abkopplung wirtschaftlicher, wenn die Gebäude modernisiert sind. Außerdem ist selbstverständlich der Rückbau langer Verteilleitungswege sinnvoll.
2. Aus Sicht des Energiekostenniveaus ist ein Rückbau von Netzen sinnvoller, je teurer Energie ist. Daher ist der angenommene Fall: in der Zentrale und in den möglichen Inseln wird gleichermaßen (billiges) Holz verfeuert sehr konservativ gewählt. Hätte man teurere Energieträger – z.B. das heute in der Zentrale verfeuerte Gas – zugrunde gelegt, wäre für viele weitere Objekte die Empfehlung einer Separierung gefallen. Anders ausgedrückt: eine Netzabtrennung wurde nur empfohlen, wenn selbst mit dem sehr billigen Brennstoff Holz keine wirtschaftliche Betriebsweise gegeben war.

### Kurz- bis mittelfristige Änderungen

Die Gebäude der Außengebiete Südost (Emmaus+Wohnhaus I, Zoar, Kaiserwald) und West (Kegelbahn, Kindergarte, Wabehaus, Tischlerei/Schlosserei, Wabeweg) sollten in erster Priorität abgekoppelt werden. Weiterhin die Gebäude des Außengebietes Nordost (Lindenplatz, Sundern) mittelfristig, wobei das Gebäude Mohnmorgen gar nicht mehr an die Nahwärme angeschlossen wird.

Es entsteht eine Liegenschaftsversorgung gemäß Bild 30. Alle gelb markierten Objekte werden von der Zentrale her versorgt, die rot und grün markierten mit Strom und Holz in separaten Heizzentralen. Da die mit Holz versorgten Inselzentralen in der äußeren Peripherie der Stiftung liegen, ist ein Transport des Holzbrennstoffs aus Sicht der Verfasser unproblematisch



Bild 28 Abkopplung der Gebäude an der Peripherie – kurz- bis mittelfristig

Die Holzbedarfswerte aller Gebäude der Peripherie (grün) betragen:

- Lindenplatz: 497,6 MWh/a
- Sundern: 497,6 MWh/a
- Mohnmorgen: 264,0 MWh/a
- Wabeweg 3 und 3a: 86,5 MWh/a
- Wabeweg/Tischlerei: 208,5 MWh/a
- Emmaus/Wohnhaus I: 612,1 MWh/a
- Zoar: 436,1 MWh/a
- Kaiserwaldersatz: 282,1 MWh/a

Der Gesamtbedarf beläuft sich damit auf 2884,5 MWh/a.

Bezogen auf die gesamte Liegenschaft (50.328 m<sup>2</sup>) bedeutet diese Menge einen mittleren Biomasseeinsatz von 57 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dies liegt bereits um etwa 50% über dem eigentlich in der Bundesrepublik verfügbaren Biomassebudget von 35 ... 40 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### Mittel- bis langfristige Änderungen

Zusätzlich soll mittelfristig das Pfarrhaus abgekoppelt werden und das Außengebiet Ost (Weidenweg,ASSE) separiert werden. Letzteres muss in Zukunft noch einmal mit dann geltenden Energiepreisen und Bedarfswerten der Gebäude geprüft werden. Hintergrund: für das verbleibende zusammenhängende "Kerndorf" sollte sichergestellt werden, dass eine ausreichende Grundlastwärmeabnahme zu verzeichnen ist, sofern die Bioabwärmeeinspeisung des Bauern Weddelmann weiter verwendet werden soll.



Bild 29 Abkopplung der Gebäude an der Peripherie – mittel- bis langfristig

Die Holzbedarfswerte der weiterhin separierten Gebäude der Peripherie (grün) betragen:

- Weidenweg/Asse: 995,3 MWh/a

Der Gesamtbedarf an Holz beläuft sich damit auf 3879,8 MWh/a.

Bezogen auf die gesamte Liegenschaft (50.328 m<sup>2</sup>) bedeutet diese Menge einen Biomasse-einsatz von 77 kWh/m<sup>2</sup>a. Dies liegt deutlich – Faktor zwei – über dem eigentlich in der Bundesrepublik verfügbaren Biomassebudget von 35 ... 40 kWh/(m<sup>2</sup>a).

## 5 Versorgung des Kerngebietes

Ausgehend von der Separierung der Außengebiete unter wirtschaftlichen Aspekten, soll in diesem Abschnitt ein optimaler Erzeuger für das verbleibende Kerngebiet gefunden werden. Dabei wird beachtet, dass die Abkopplung der Peripherie nur zeitverzögert erfolgen kann, d.h. dass das Kerngebiet in Stufen kleiner wird.

Es wird nicht weiter untersucht, ob die Nahwärmeleitungen rückgebaut werden können. Ein Rückbau würde bedeuten, dass das Kerngebiet bis minimal auf Größe des Wirtschaftshofes schrumpfen könnte. Ein Gebiet dieser Größe könnte jedoch nicht die Abwärme der benachbarten liegenden Biogasanlage "Weddelmann" verwenden.

Für das Kerngebiet wird davon ausgegangen, dass die Modernisierung der Gebäude hier mit deutlicher Zeitverzögerung erfolgt, da zunächst die Gebäude an der Peripherie im Fokus liegen. Das heißt, alle Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen unter heutigen und künftigen Gesichtspunkten.

Die Untersuchung des Zentralgebietes umfasst im Wesentlichen die Frage, welcher zentrale Erzeuger neben der Bioabwärme eingesetzt wird: Holzkessel, Wärmepumpe, Gas- oder Ölkessel unter Einbindung von Blockheizkraftwerken. Die Versorgung mit Holz wird nur pro Forma durchgeführt, da das für Neuerkerode verfügbare Biomassebudget bereits mit den Gebäuden der Peripherie ausgeschöpft ist.

**KURZFASSUNG: es wird festgestellt, welcher zentrale Erzeuger neben der Bioabwärmeeinspeisung für das Kerngebiet Neuerkerodes ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist. Es wird das verfügbare Biomassebudget beachtet.**

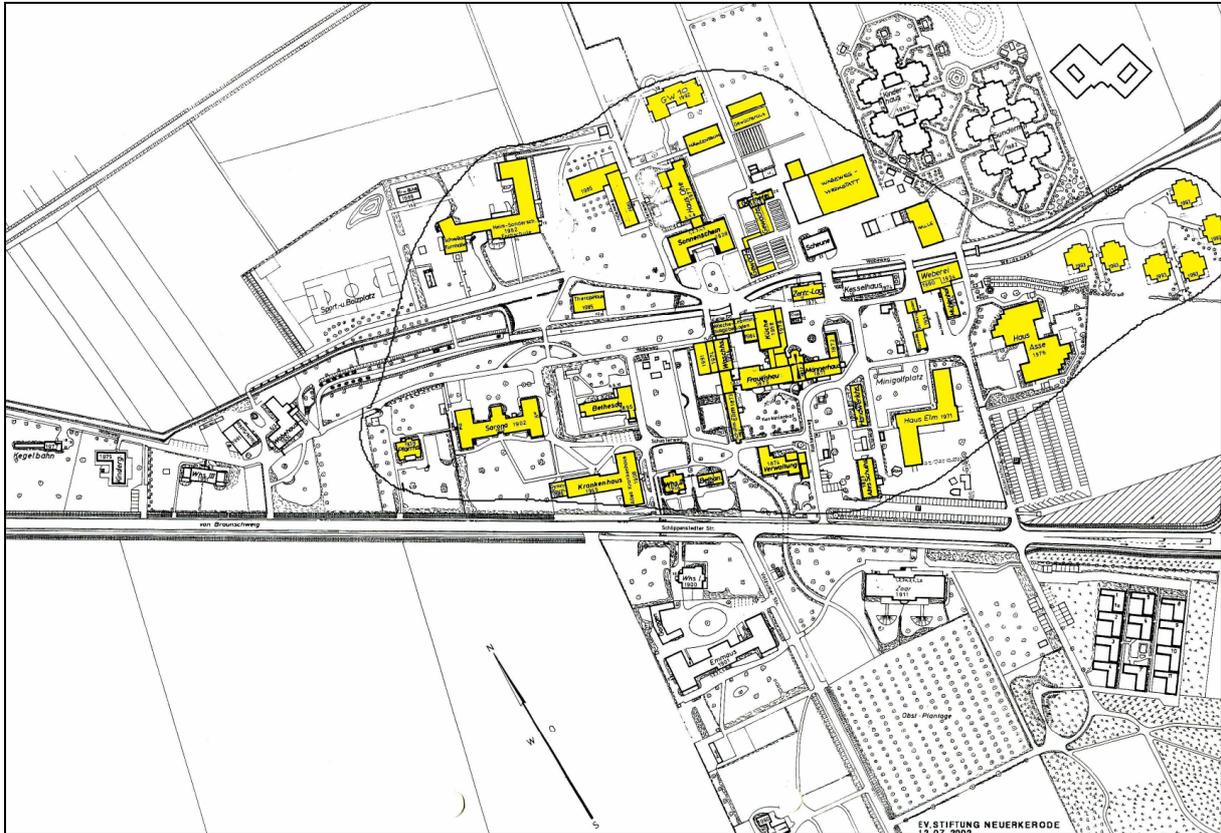
### 5.1 Vorüberlegungen

Folgende Vorüberlegungen betreffen die Systemwahl für die Zentrale im Überblick:

- das Netz muss erhalten werden, damit die Bioabwärme des Bauern Weddelmann überhaupt nutzbar ist
- die Abwärme des Bauern Weddelmann steht allerdings nur als Grundlastwärme (zur Deckung von Netzverlusten und zur Trinkwassererwärmung mit Speichern) mit einer großen Gleichmäßigkeit zur Verfügung, kann aber keine Lastspitzen decken
- die Bioabwärme konkurriert mit einem Blockheizkraftwerk, welches prinzipiell auch nur Grundlastwärme liefern kann – BHKW-Lösungen werden daher nur die Restgrundlast decken, welche über die Bioabwärme nicht zu decken ist, nicht jedoch Spitzenlasten
- eine Holzverbrennung in der Zentrale ist insofern kritisch, da bereits in der Peripherie das Biomassebudget der Stiftung aufgebraucht wurde. Weiterhin sind Gesichtspunkte der aktuell diskutierten Beschränkungen für die Verwendung von Holz als Brennstoff zu berücksichtigen. Es sollte zukünftig nur noch Alt- und Abfallholz als Brennstoff eingesetzt werden.

## 5.2 Lösung kurz- bis mittelfristig

Ausgangsbasis ist: die Peripherie ist wie in Kapitel 4.13 beschrieben bereits teilweise abgetrennt ("West", "Südost", "Nordost"), das Zentralgebiet ist noch unsaniert wie heute. Für die im nachfolgenden Bild gezeigte "Restzentralversorgung", welche kurz- und mittelfristig eintreten wird, soll der optimale Erzeuger gewählt werden. In diesem Gebiet wird das heutige Nahwärmenetz weiterbetrieben.



**Bild 30 Kerngebiet Neuerkerode kurz- bis mittelfristig**

Es interessieren hier zunächst die heutigen Energiekennwerte der Gebäude, nicht die nach einer Modernisierung. Es wird davon ausgegangen, dass die Modernisierung sich in den nächsten Jahren verstärkt auf die Peripherie beziehen wird.

### 1. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Ermittlung aller Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. Ausgangsbasis ist der heutige, größtenteils unmodernisierte Gebäudezustand. Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Bioabwärme & Gas- oder Öl-Brennwertkessel in der Zentrale
- Bioabwärme & Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel Gas/Öl
- Bioabwärme & Holzkessel als Holzhackschnitzelkessel

Die Wärmepumpenlösung wird – mangels verfügbarer Geräte in der Größe – nicht untersucht. Bioabwärme deckt in jeder Lösung soweit möglich die Grundlast, die Blockheizkraftwerke übernehmen den Rest der Grundlast. Die Kessel decken in jeder Lösung alle Restenergiemengen.

## 2. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für den heutigen Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei heutigen Gebäuden	Summe
Gas-Brennwert & Bioabwärme	2.634.499
Öl-Brennwert & Bioabwärme	2.686.958
Gas-BHKW & Bioabwärme	2.469.689
Öl-BHKW & Bioabwärme	2.538.188
Holz & Bioabwärme	2.056.909
Beste Lösung	2.056.909
Gewählte Lösung	2.469.689

**Tabelle 81 Gesamtkosten für das Kerngebiet – kurz- bis mittelfristig**

Die Holzfeuerung schneidet – bei den getroffenen Annahmen zu Kosten und Preisen – am besten ab. Der Einsatz eines Gas-BHKWs mit Gasspitzenlastkessel ist die zweitbeste Lösung.

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei heutigen Gebäuden	Summe
Gas-Brennwert & Bioabwärme	2.190
Öl-Brennwert & Bioabwärme	2.609
Gas-BHKW & Bioabwärme	2.024
Öl-BHKW & Bioabwärme	2.519
Holz & Bioabwärme	1.169
Beste Lösung	1.169
Gewählte Lösung	2.024

**Tabelle 82 CO<sub>2</sub>-Äquivalente für das Kerngebiet – kurz- bis mittelfristig**

## 3. Schritt: Fazit und Empfehlung

Da das Biomassebudget, d.h. der Holzverbrauch innerhalb des Dorfes, bereits mit der Peripherie ausgeschöpft wird, wird für die Zentrale kein weiterer Holzkessel vorgeschlagen. Die Empfehlung für das Kerngebiet lautet:

- Empfohlen wird eine Kopplung der Bioabwärme mit einem Gas-BHKW und Gaskessel.
- Es handelt sich um ein BHKW mit ca. 260 kW Wärmeleistung, welches zusammen mit der Biowärme (ca. 340 kW) die Grundlast deckt.
- Weiterhin wird ein 3,2 MW Gaskessel benötigt, hier könnten die vorhandenen drei Kessel (nacheinander) verwendet werden – aus Gründen der Bestandsinvestitionssicherung

Diese Maßnahme kann bereits sehr kurzfristig umgesetzt werden, da sie einerseits praktisch keine baulichen Maßnahmen erfordert (die Heizzentrale bietet den Platz) und andererseits nicht mit den Maßnahmen an der Peripherie kollidiert.

Das BHKW ist für den Zeitraum von heute bis zum Ende der ersten Abkopplungsstufe der Peripherie ("West", "Nordost" und "Südost") ausreichend groß bzw. klein bemessen, d.h. zu Anfang etwas zu klein, mit jeder Abkopplung passender. Wenn die erste Abkopplungswelle der Gebäude erfolgt ist, d.h. in perspektivisch 10 Jahren, nähert sich die Lebensdauer des BHKW seinem Ende. Das nächste BHKW kann kleiner ausfallen.

#### 4. Schritt: Übersicht Energiekennwerte

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Energiekennwerte sich einstellen, wenn die Peripheriegebiete "West", "Südwest" und "Nordost" bereits modernisiert und von der Zentrale getrennt sind und in der Zentrale selbst das o. g. BHKW eingebaut ist.

	Holzbedarf, MWh/a	Strom (Fremdbezug), MWh/a	Biowärmebedarf, MWh/a	Gasbedarf incl. BHKW, MWh/a	CO <sub>2</sub> -Ausstoß, t/a	Energiekosten heutige Preise, 1000 €/a	Investitionen, heutige Preise, 1000 €	Gesamtkosten, langfristige Preise, 1000 €/a	Rohnetz im Erdreich. m	Netzverluste, MWh/a
West (4, 5)	295,0	65,8	0	0	58	18,8	203,6	105,6	32	3
Südwest (1, 2, 3)	1330,7	236,8	0	0	222	70,2	303,6	346,1	174	24
Nordost (0, 6)	1259,3	104,5	0	0	135	49,6	402,0	258,5	0	0
elektrische Abnehmer	0	29,0	0	0	4	4,1	20,6	21,4	0	0
Kern- gebiet	0	540,4	3000,0	6602,3	2024	537,8	881,2	2469,7	3882	1135
Summe	2885	977	3000	6602	2443	681	1811	3201	4088	1162
heute	0	1734	3000	11570	4043	1023	0	4518	7138	1909

**Tabelle 83 Übersicht Energiekennwerte kurz- bis mittelfristig**

Die Tabelle zeigt den Vergleich der heutigen Kennwerte zu dem Zustand, der perspektivisch in 10 Jahren erreicht sein könnte. Der Holzbedarf entfällt ausschließlich auf die Außengebiete der Liegenschaft. Der Stromfremdbezug geht drastisch zurück, weil das selbstbetriebene BHKW diese Menge erzeugt. Die Bioabwärmeeinspeisung hat das heutige Niveau. Der Gasbedarf liegt bei etwa 57 % des heutigen Wertes – jedoch wird nun auch Gas für die Stromerzeugung verwendet.

Sowohl CO<sub>2</sub>-Ausstoß als auch Netzverluste an das Erdreich liegen bei unter 60 % des heutigen Wertes. Die Gesamtkosten – unter Berücksichtigung der Investitionen in die Anlagen liegen etwa 30 % unter dem Wert, der sich einstellen würde, wenn alles so bliebe wie bisher.

### 5.3 Lösung mittel- bis langfristig

Ausgangsbasis ist: die Peripherie ist wie in Kapitel 4.13 beschrieben vollständig abgetrennt ("West", "Südost", "Nordost", "Ost" und "Pfarrhaus"), das Zentralgebiet ist jedoch noch unsaniert wie heute. Für die im nachfolgenden Bild gezeigte "Restzentralversorgung", welche mittel- bis langfristig eintreten wird, soll ebenso der optimale zentrale Erzeuger gewählt werden. Das Kerngebiet wird mit dem heutigen Nahwärmenetz weiterversorgt.



Bild 31 Kerngebiet Neuerkerode mittel- bis langfristig

Es interessieren bei dieser Auswertung ebenso zunächst die heutigen Energiekennwerte der Gebäude im Liegenschaftskern, nicht die nach einer Modernisierung.

#### 1. Schritt: Kennwertermittlung für Erzeugervarianten

Wie zuvor werden alle Kennwerte für die Einzelgebäude und die Gebäudegruppen: Endenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>, notwendige Investitionen, Gesamtkosten usw. ermittelt. Ausgangsbasis ist der heutige, größtenteils unmodernisierte Gebäudezustand. Betrachtet werden folgende Versorgungsalternativen:

- Bioabwärme & Gas- oder Öl-Brennwertkessel in der Zentrale
- Bioabwärme & Gas-BHKW oder Öl-BHKW für die Grundlast mit Spitzenkessel Gas/Öl
- Bioabwärme & Holzkessel als Holzhackschnitzelkessel

Bioabwärme deckt in jeder Lösung soweit möglich die Grundlast, die Blockheizkraftwerke übernehmen den Rest der Grundlast. Die Kessel decken in jeder Lösung alle Restenergie-mengen.

## 2. Schritt: Auswertung

Identifizierung des jeweils betriebswirtschaftlich günstigsten Wärmelieferanten für ein Einzelgebäude bzw. für eine Gebäudegruppe anhand der Gesamtkosten (mit Preissteigerungen) für den heutigen Zustand der Gebäude. Außerdem werden für diese Lösung die CO<sub>2</sub>-Mengen als Umweltindikator mit angegeben.

Gesamtkosten, in €/a langfristig bei heutigen Gebäuden	Summe
Gas-Brennwert & Bioabwärme	2.193.020
Öl-Brennwert & Bioabwärme	2.234.933
Gas-BHKW & Bioabwärme	2.125.863
Öl-BHKW & Bioabwärme	2.178.702
Holz & Bioabwärme	1.755.686
<b>Beste Lösung</b>	<b>1.755.686</b>
Gewählte Lösung	2.125.863

**Tabelle 84 Gesamtkosten für das Kerngebiet –mittel- bis langfristig**

Mit der oben gegebenen Begründung zum Holzeinsatz wird nun die ebenfalls die zweitbeste Lösung gewählt, das ist der Einsatz eines Gas-BHKWs. Solange das Kerngebiet noch nicht modernisiert ist, lohnt noch der Einsatz eine BHKWs neben der Bioabwärmeeinspeisung.

CO <sub>2</sub> , in t/a langfristig bei heutigen Gebäuden	Summe
Gas-Brennwert	1.690
Öl-Brennwert	2.015
Gas-BHKW	1.612
Öl-BHKW	1.979
Holz	903
<b>Beste Lösung</b>	<b>903</b>
Gewählte Lösung	1.612

**Tabelle 85 CO<sub>2</sub>-Äquivalente für das Kerngebiet – mittel- bis langfristig**

## 3. Schritt: Fazit und Empfehlung

Das das Biomassebudget bereits mit der Peripherie mehr als ausgeschöpft wird, wird für den langfristigen Einsatz in der Zentrale wiederum kein weiterer Holzeinsatz empfohlen. Die Empfehlung für das Kerngebiet lautet:

- Empfohlen wird eine Kopplung der Bioabwärme mit einem Gas-BHKW und Gaskessel.
- Es handelt sich um ein BHKW mit ca. 180 kW Wärmeleistung, welches zusammen mit der Biowärme (ca. 340 kW) die Grundlast deckt.
- Weiterhin wird ein 2,7 MW Gaskessel benötigt, hier könnten die vorhandenen drei Kessel (nacheinander) verwendet werden – aus Gründen der Bestandsinvestitionssicherung – oder ein neuer Kessel angeschafft.

Das zweite BHKW läuft während der Phase der zweiten Abkopplungswelle an der Peripherie und wird voraussichtlich auch einen Großteil der Zeit laufen, in der das Kerngebiet modernisiert wird. Aus heutiger Sicht könnten das die Jahre 2020 bis 2030 sein. Es ist in diesem Zeitraum ausreichend groß bzw. klein bemessen, d.h. zu Anfang etwas zu klein, mit jeder Abkopplung und Modernisierung passender. Am Ende der Lebensdauer des zweiten BHKW wird voraussichtlich kein weiteres BHKW mehr sinnvoll sein, weil der Grundlastbedarf an Wärme dann so klein ist, dass es nicht mehr wirtschaftlich neben der Bioabwärme betrieben werden kann.

#### 4. Schritt: Übersicht Energiekennwerte

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Energiekennwerte sich einstellen, wenn die Peripheriegebiete komplett modernisiert und von der Zentrale getrennt sind und in der Zentrale selbst das o. g. kleinere BHKW eingebaut ist.

	Holzbedarf, MWh/a	Strom (Fremdbezug), MWh/a	Biowärmebedarf, MWh/a	Gasbedarf incl. BHKW, MWh/a	CO <sub>2</sub> -Ausstoß, t/a	Energiekosten heutige Preise, 1000 €/a	Investitionen, heutige Preise, 1000 €	Gesamtkosten, langfristige Preise, 1000 €/a	Rohrnetz im Erdreich. m	Netzverluste, MWh/a
West (7)	295,0	77,8	0	0	66	20,5	252,6	118,7	32	3
Südwest	1330,7	236,8	0	0	222	70,2	303,6	346,1	174	24
Ost (8)	995,3	132,9	0	0	138	46,3	213,5	225,4	535	84
Nordost	1259,3	104,5	0	0	135	49,6	402,0	258,5	0	0
elektrische Abnehmer	0	29,0	0	0	4	4,1	20,6	21,4	0	0
Kern- gebiet	0	706,5	3000,0	4889,9	1692	463,8	794,1	2125,9	2950	917
Summe	3880	1288	3000	4890	2257	655	1986	3096	3691	1028
kurzfristig	2885	977	3000	6602	2443	681	1811	3201	4088	1162
heute	0	1734	3000	11570	4043	1023	0	4518	7138	1909

**Tabelle 86 Übersicht Energiekennwerte mittel- bis langfristig**

Die Tabelle zeigt den Vergleich der heutigen Kennwerte, den kurz- bis mittelfristigen Zustand (in vielleicht 10 Jahren) und den mittel- bis langfristigen Zustand (in vielleicht 20 Jahren) im Vergleich.

Der Holzbedarf entfällt immer noch ausschließlich auf die Außengebiete der Liegenschaft. Der Stromfremdbezug nimmt wieder zu, weil das selbstbetriebene BHKW kleiner ausfällt. Die Bioabwärmeeinspeisung hat das heutige Niveau. Der Gasbedarf liegt bei etwa 40 % des heutigen Wertes.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß liegt bei unter 50 % des heutigen Wertes. Die Gesamtkosten – unter Berücksichtigung der Investitionen in die Anlagen liegen etwa 33 % unter dem Wert, der sich einstellen würde, wenn alles so bliebe wie bisher.

## **5.4 Fazit Kerngebiet**

Für das Kerngebiet wird der sofortige Einsatz eines kleinen gasbetriebenen Blockheizkraftwerkes empfohlen. Es dient neben der Bioabwärmeeinspeisung als Grundlasterzeuger für die Wärme.

### **Gas-BHKW und Gasbrennwertkessel**

Der derzeitige Wärmegrundlastbedarf der Gesamtliegenschaft liegt heute bei etwa 930 kW und sinkt durch Abtrennung von Gebäuden der Peripherie sowie Modernisierung der Gebäude des Kerngebietes in Stufen mittelfristig auf 600 kW und langfristig auf 340 kW.

Jeweils 340 kW können von der Bioabwärme gedeckt werden. Das BHKW für die ersten Jahre soll daher 260 kW Wärmeleistung und ca. 130 kW elektrische Leistung liefern. Später kann es kleiner werden und zum Schluss entfallen.

Die Stromgrundlast von derzeit ca. 150 kW (siehe Bericht 07 "Elektroverbraucher" des Grundlagenprojektes) kann durch dieses Gerät ebenfalls gut abgedeckt werden.

### **Konzept mit zentralem Holzkessel oder Holzheizkraftwerk**

Der Einsatz eines zentralen Holzkessels oder einer zentralen holzbefeuerten Kraft-Wärme-Kopplung wurde nicht detailliert untersucht, weil davon auszugehen ist, dass die Gebäude an der Peripherie der Liegenschaft – insbesondere die großen Objekte Zoar, Emmaus, Lindenplatz, Sundern, Mohnmorgen, Kaiserwald – das verfügbare Holzbudget Neuerkerodes bereits ausschöpfen.

Die Netztrennung dieser Gebäude und damit der mögliche Holzeinsatz dort erfolgt in absehbarer Zukunft bzw. könnte bald erfolgen, da Mohnmorgen sich bereits im Bau befindet, für Lindenplatz die Modernisierung beschlossen ist und auch Emmaus sich weit oben auf der Prioritätenliste potentieller Modernisierungen befindet. Das Gebäude Zoar ist bereits modernisiert und kann umgerüstet werden, wenn über die Zukunft von Kaiserwald entschieden ist.

Falls dennoch ein zentraler Holzkessel oder ein Holzheizkraftwerk in der Zentrale zum Einsatz kommen soll, ändert dies nichts an der Aussage zur notwendigen Netzabtrennung der Peripheriegebiete. Die ist auch bei Einsatz von Holz in der Zentrale wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll, wie das Kapitel 4 für jedes einzelne Außengebiet beweist. Es lohnt für die untersuchten Außengebiete nicht, Erdleitungen von der Zentrale aus mit Holz – oder irgendeinem anderen Brennstoff – zu befeuern.

Falls in der Zentrale also Holz eingesetzt wird, dann wird das Biomassebudget für Holz in der Zentrale ausgeschöpft. Holz kann dann zusammen mit der Bioabwärmeeinspeisung der Grundlasterzeuger sein. Die Gaskessel sollten dennoch als Leistungspuffer beibehalten werden, damit bei sukzessivem Rückbau der Peripheriegebäude der Kessel am Ende nicht zu groß ausfällt.

Das bedeutet: die o. g. Leistungsangaben für die Gas-BHKWs (260 kW für das erste Modell und 180 kW für den Nachfolger) gelten auch hier für den dann zentralen Holzkessel oder das zentrale Holzheizkraftwerk. Die (vorhandenen) Gaskessel werden dann Spitzenlasterzeuger.

Einem Holzheizkraftwerk ist ökologisch der Vorzug zu geben, weil die Wärme für das Netz dann Abwärme der Stromerzeugung ist. Eine wirtschaftliche Überprüfung des Holzkessels oder des Holzheizkraftwerkes muss noch erfolgen. Prinzipiell sind sowohl Kessel als auch Holzheizkraftwerke in der benötigten Größenklasse am Markt verfügbar.

Für die Peripheriegebäude – Emmaus, Sundern usw. – bedeutet ein zentraler Holzkessel oder ein zentrales Holzheizkraftwerk, dass praktisch kein Biomassebudget in Form von Holz mehr an der Peripherie zur Verfügung steht. Dort könnten dann Ölkessel oder Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Das würde gleichermaßen einerseits eine breite Streuung verschiedener Energieträger und die damit verbundene Risikominimierung bedeuten.

Eine Empfindlichkeitsanalyse hinsichtlich veränderlicher Energiepreise – wie aktuell für Erdgas (stark sinkend) und für Holz (steigend) - wurde nicht durchgeführt. Weiterhin wurde der Einsatz eines Holz-Heizkraftwerkes noch nicht näher in Wirtschaftlichkeitsberechnungen untersucht.

## 6 Umstrukturierung im Verlauf

Das Energiekonzept wird über etliche Jahre umgesetzt. Eine genaue Reihenfolge der Einzelmaßnahmen kann nur für die ersten Monate und Jahre vorausgesagt werden. Je weiter Maßnahmen in der Zukunft liegen, desto ungewisser wird deren Umsetzungsreihenfolge.

An dieser Stelle soll dennoch ein mögliches Szenario für die Umsetzung des Energiekonzeptes gegeben werden. Eine mögliche detaillierte Umsetzungsreihenfolge von Einzelmaßnahmen wird dabei zusammengefasst, so dass sich 8 Zustände ergeben – vom heutigen bis zum Endzustand der Liegenschaft. Für diese Stufen werden die wichtigsten Randdaten – Energie, CO<sub>2</sub>, Kosten – nachfolgend dokumentiert.

### 6.1 Konzeptstufen

Aus heutiger Sicht ergibt sich folgende mögliche detaillierte Umsetzungsreihenfolge von Maßnahmen, bei denen die weiter unten stehenden jeweils immer unsicherer in ihrer Reihenfolge sind:

- heutiger Zustand
- Einbau eines großen Gas-BHKW in die heutige Zentrale
- Bau von Mohnmorgen mit Holzkessel
- Abriss Kiosk und Modernisierung Zentrallager, aber Netzanschluss
- Modernisierung Lindenplatz und Sundern mit Holzkesseln, Trennung vom Netz
- Umnutzung Bücherhalle zur Wäscherei und Wäscherei zum Saal, mit Netzanschluss
- Modernisierung Gebäude West mit Holz/Strom, Trennung vom Netz
- Abriss und Neubau Kaiserwald mit Holzkessel, Trennung vom Netz
- Modernisierung Emmaus, Zoar mit Holzkessel, Trennung vom Netz
- Modernisierung Wabehalle und Anschluss an Nahwärmenetz
- Abriss Lindenweg/Gartenweg mit Neubau, aber Netzanschluss
- Einbau eines kleinen Gas-BHKW in die heutige Zentrale
- Modernisierung Pfarrhaus mit Strom, Trennung vom Netz
- Modernisierung Asse, Weidenweg mit Holzkessel, Trennung vom Netz
- Modernisierung restliches Kerngebiet
- Rückbau BHKW
- Endzustand

Der Ausgangszustand ist fix. Gleichmaßen die Notwendigkeit unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten etwas gegen die Netzverluste unternehmen zu müssen. Der Weg dahin ist nicht fest vorgegeben.

Der Endzustand – das heißt die aus heutiger Sicht wirtschaftlich sinnvolle Größenausdehnung des Nahwärmenetzes – ist wiederum in etwa fix. Es kann aber sein, dass wegen stärker gestiegener Energiepreise die Netzausdehnung künftig noch kleiner sein wird und man auf die Abwärme des Bauern Weddelmann ganz verzichtet.

Die sehr vielen kleinen Stufen sollen in folgenden 8 groben Schritten zusammengefasst werden:

1. heutiger Zustand
2. Einbau eines Gas-BHKW 260 kW in die heutige Zentrale
3. Bau von Mohnmorgen sofort mit Holzkessel sowie Modernisierung Lindenplatz und Sundern mit Holzkesseln, Trennung vom Netz
4. Modernisierung Gebäude West mit Holz/Strom, Trennung vom Netz
5. Abriss und Neubau Kaiserwald mit Holzkessel, Modernisierung Emmaus, Zoar mit Holzkessel, Trennung vom Netz
6. Abriss Kiosk und Modernisierung Zentrallager, Umnutzung Bücherhalle zur Wäscherei und Wäscherei zum Saal, Abriss Lindenweg/Gartenweg mit Neubau, alle mit Netzanschluss, Modernisierung Wabehalle und Anschluss an Nahwärmenetz
7. Modernisierung Pfarrhaus mit Strom, Modernisierung Asse, Weidenweg mit Holzkessel, Trennung vom Netz und gleichzeitig Einbau eines kleineren BHKWs 180 kW in die Zentrale
8. Modernisierung restliches Kerngebiet, anschließend Rückbau BHKW ergibt den Endzustand

## **6.2 Ergebnisse**

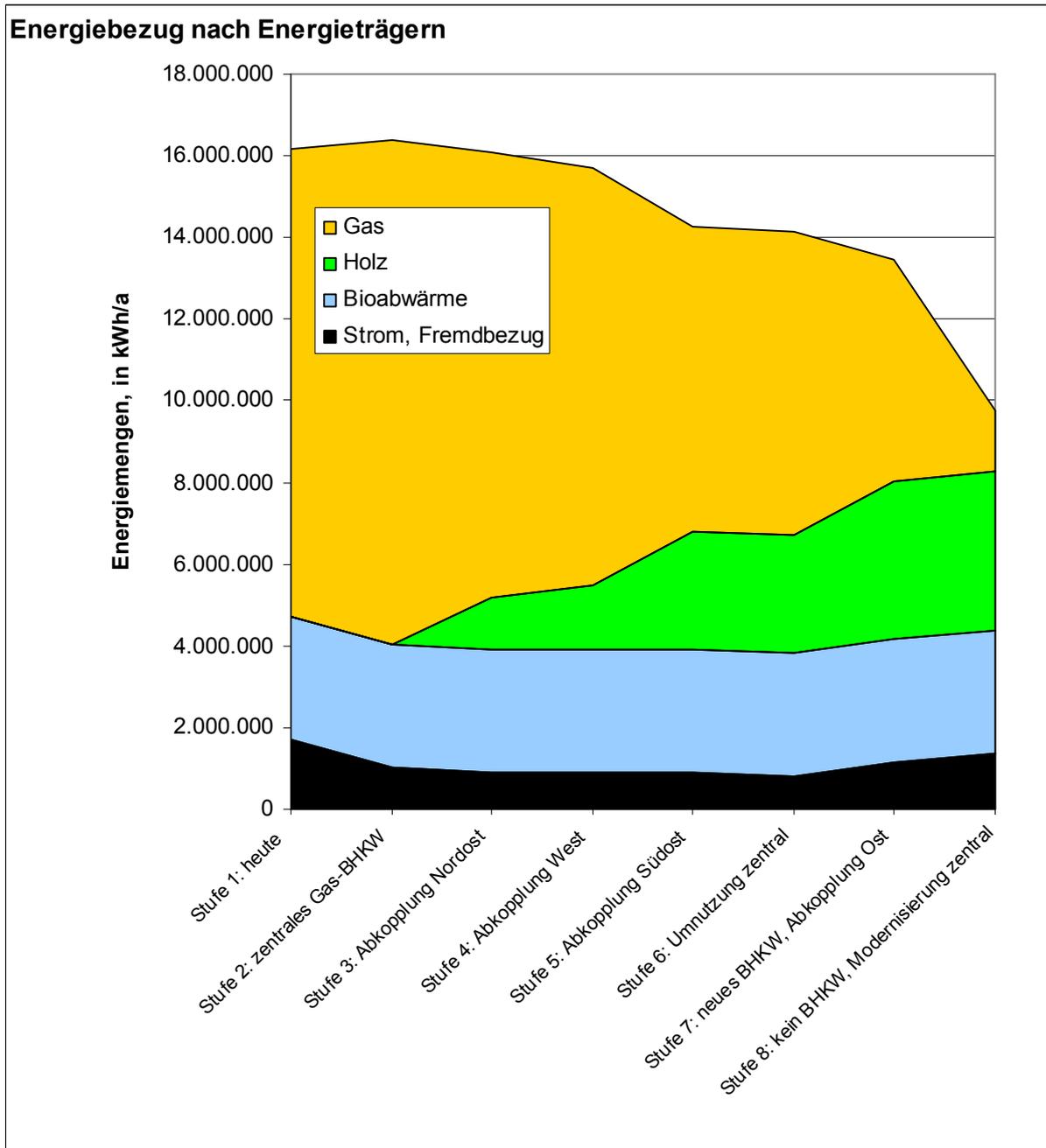
Für den Stufenplan mit zentralem BHKW und Holz für die Peripherie ergeben sich die in den nachfolgenden Bildern zusammengestellten Verhältnisse und Veränderungen. Bedeutsam sind hierbei die Gesamtänderungen, der Weg dahin ist – wie oben erläutert – nur ein beispielhafter.

Auf eine Zeiteinteilung der Verlaufsachse unten wurde bewusst verzichtet. Es könnte jedoch in etwa der bereits beschriebene folgende Ablauf sein:

- Punkte 2 und 3: 2010 bis 2013
- Punkte 4 und 5: 2014 bis 2017
- Punkt 6: parallel bis 2020
- Punkt 7: 2020 bis 2025
- Punkt 8: abgeschlossen bis 2035.

## Endenergie

Bei der Endenergie ist eine Gesamteinsparung von 40 % festzustellen. Das Endscenario umfasst neben dem Strom zu fast jeweils einem Drittel die Energieträger Gas, Bioabwärme und Holz zur Wärmeversorgung. Ob der Holzanteil letztendlich tatsächlich so hoch ausfallen wird, kann heute nur vermutet werden. Relativ sicher kann die Holzversorgung für die in Kürze zur Trennung vorgesehenen Gebiet "West", "Nordost" und "Südost" empfohlen werden. Der in Stufe 5 erreichte Holzanteil erscheint damit zumindest wahrscheinlich.



**Bild 32 Mögliches Endenergieszenario**

Der Gasverbrauch steigt mit der zweiten Stufe an, weil das BHKW betrieben wird. Gleichermaßen sinkt der Stromfremdbezug. Der Rückbau des BHKW in den Stufen 7 und 8 ergibt dann wieder vollständigen Netzbezug des Stroms.

## Primärenergie

Die Bioabwärmeeinspeisung ist primärenergetisch in dieser Studie nicht relevant. Aufgetragen sind Strom- Gas und Holzbezug. Die Primärenergiemengen sinken bis Ende der Umsetzung aller Maßnahmen um 65 %.

Es wurden weder der Solarthermiejinsatz in der Peripherie noch mögliche andere Strombezugsquellen – z.B. Photovoltaik – in die Bilanz einbezogen. Erfolgt dies, kann der Wert weiter vermindert werden.

Dabei ist anzumerken: der Einsatz von Solarthermie innerhalb des Kerngebietes mit Nahwärme ist kritisch zu prüfen: Sobald die Grundlasthersteller – Bioabwärmeeinspeisung sowie ein mögliches BHKW – von der Solarthermie beeinflusst werden, sinkt deren Wirtschaftlichkeit. Diese Techniken schließen sich aus, wenn ihre Leistungen in Summe zu groß werden.

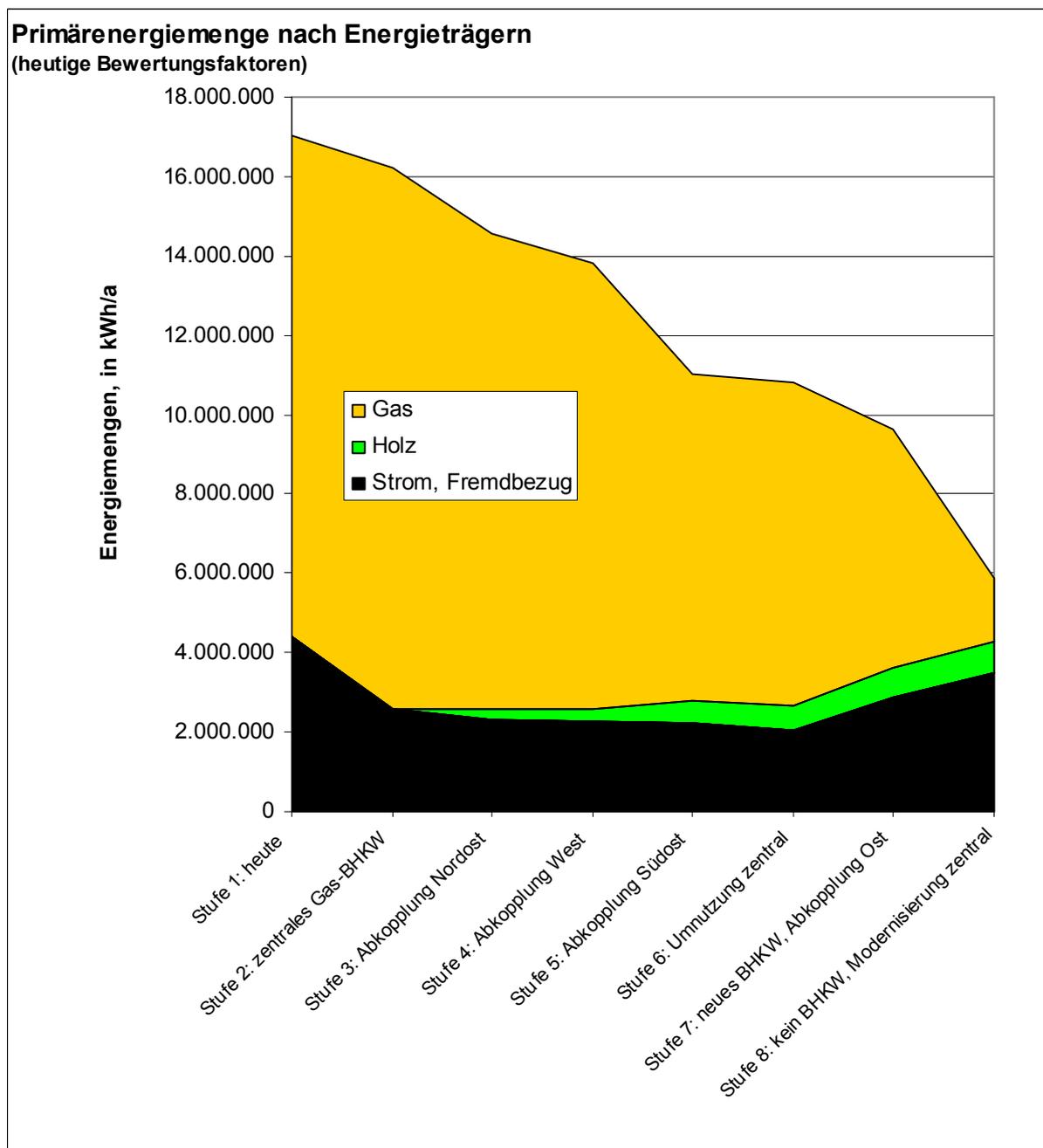
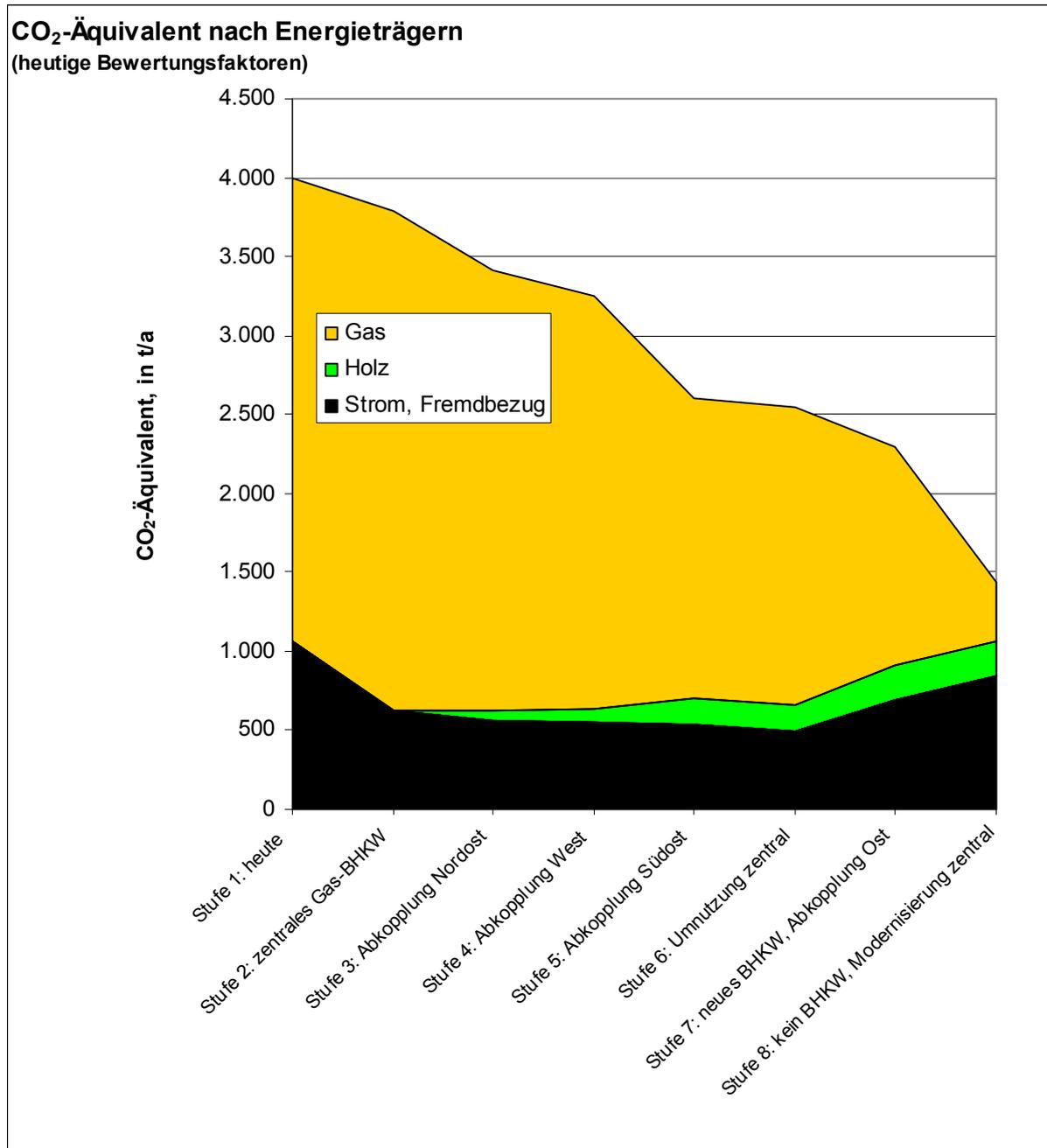


Bild 33 Mögliches Primärenergieszenario

## CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Für die Auswertung von CO<sub>2</sub> gilt prinzipiell Ähnliches wie für die Primärenergie zuvor. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann auf etwa 36 % des heutigen Wertes vermindert werden, wenn einerseits die Gebäude modernisiert sind und andererseits das Energiekonzept umgesetzt wird.



**Bild 34 Mögliches CO<sub>2</sub>-Szenario**

Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Menge für Strom am Ende der Betrachtungszeit ergibt sich durch den Rückbau der BHKWs. Sofern für Strom dann andere Alternativen als der konventionelle Netzstrom gefunden werden, ergeben sich kleinere Werte. Davon abgesehen, wird auch der Netzstrom künftig deutlich kleinere CO<sub>2</sub>-Faktoren aufweisen. Gleiches gilt für Gas, welches mit Sicherheit am Ende der Konzeptumsetzung bereits per Netzbezug Biogasanteile enthält. Beide Effekte sind heute absehbar, jedoch nicht in Zahlen fassbar, daher hier nicht eingerechnet.

## Energiekosten

Die Energiekostensituation wird beeinflusst von einerseits den steigenden Preisen und andererseits den Einsparbemühungen selbst. Werden die heutigen Kosten zugrunde gelegt – ohne Preissteigerungen – ergeben alle Maßnahmen zusammen Einsparungen bei den Energiekosten von ca. 46 % - bei den Kostenansätzen nach Kapitel 2.4. Die Energiepreise unterliegen Schwankungen, so dass hier nur ein mögliches Szenario untersucht wurde. Die Energiepreise für Erdgas und Holz haben sich bereits stark geändert; dies wurde im Rahmen einer Empfindlichkeitsanalyse nicht weiter untersucht.

Es ist zu erkennen, dass der BHKW-Betrieb sich nicht nachteilig auf die Kosten auswirkt. Das heißt, trotz des größeren Gasbedarfs von Stufe 2 verglichen mit Stufe 1 ergeben sich geringere Gesamtenergiekosten, weil Strom günstiger selbst produziert werden kann, solange die Abwärme gleichzeitig nutzbar ist.

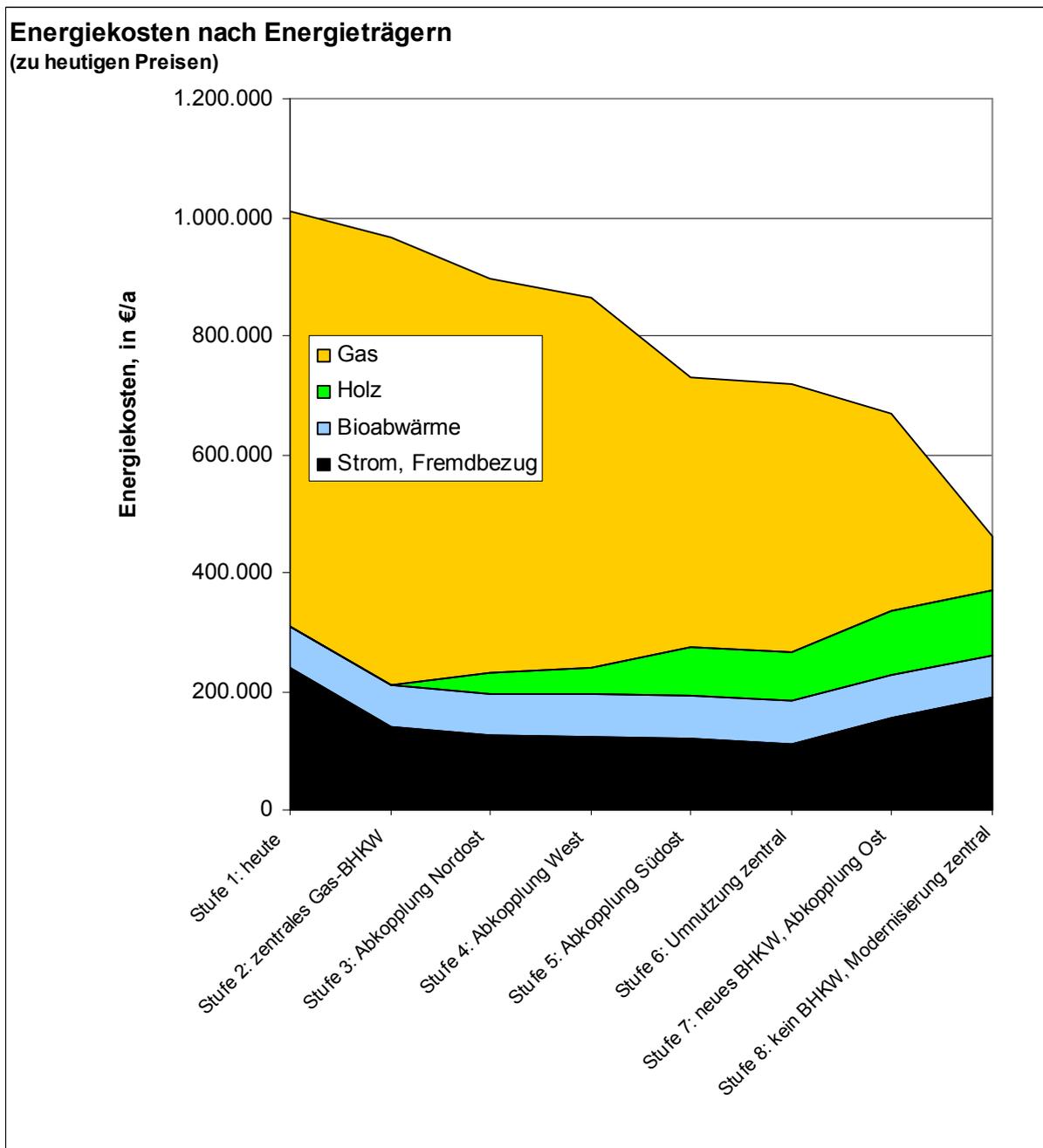
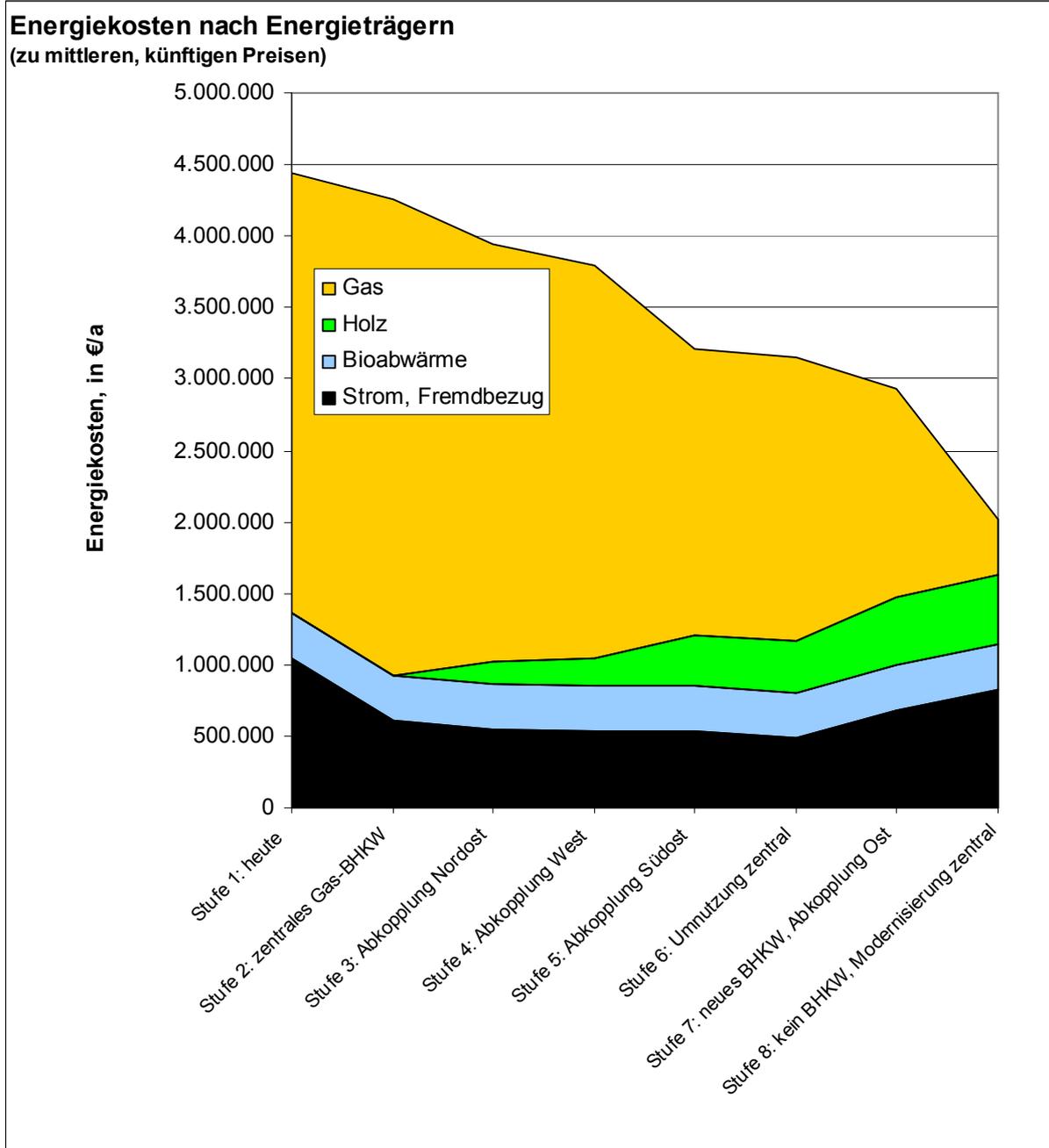


Bild 35 Mögliches Szenario der Energiekosten – heutige Preise



**Bild 36 Mögliches Szenario der Energiekosten – künftige Preise**

Auch bei mittleren Energiekosten – gerechnet mit einer Realenergiepreisverteuerung von 5,1 %/a – ergibt sich das gleiche Bild, wenn auch auf deutlich höherem Niveau.

Werden beide Bilder zusammengefügt, dann ist erkennbar, dass die Energiekosten heute mit etwas über 1 Mio. € starten, jedoch künftig trotz aller Einsparungen bei gut 2,0 Mio. € enden werden. Die Zahlen gelten für einen Zeitraum von 30 Jahren. Allerdings: würde nichts unternommen, läge das Ende bei 4,5 Mio. €.

## Investitionskosten

Die Investitionskosten für den geschilderten 8-Stufen-Plan ergeben sich aus den Kosten für die Wärmeerzeuger und Speicher, mögliche Netzbauten, neue Übergabestationen im Kerngebiet und den Zentralenbau an der Peripherie, Pumpen und die Regelung incl. Leittechnik. Es sind keine Kosten für die eigentliche Modernisierung der Gebäude dargestellt.

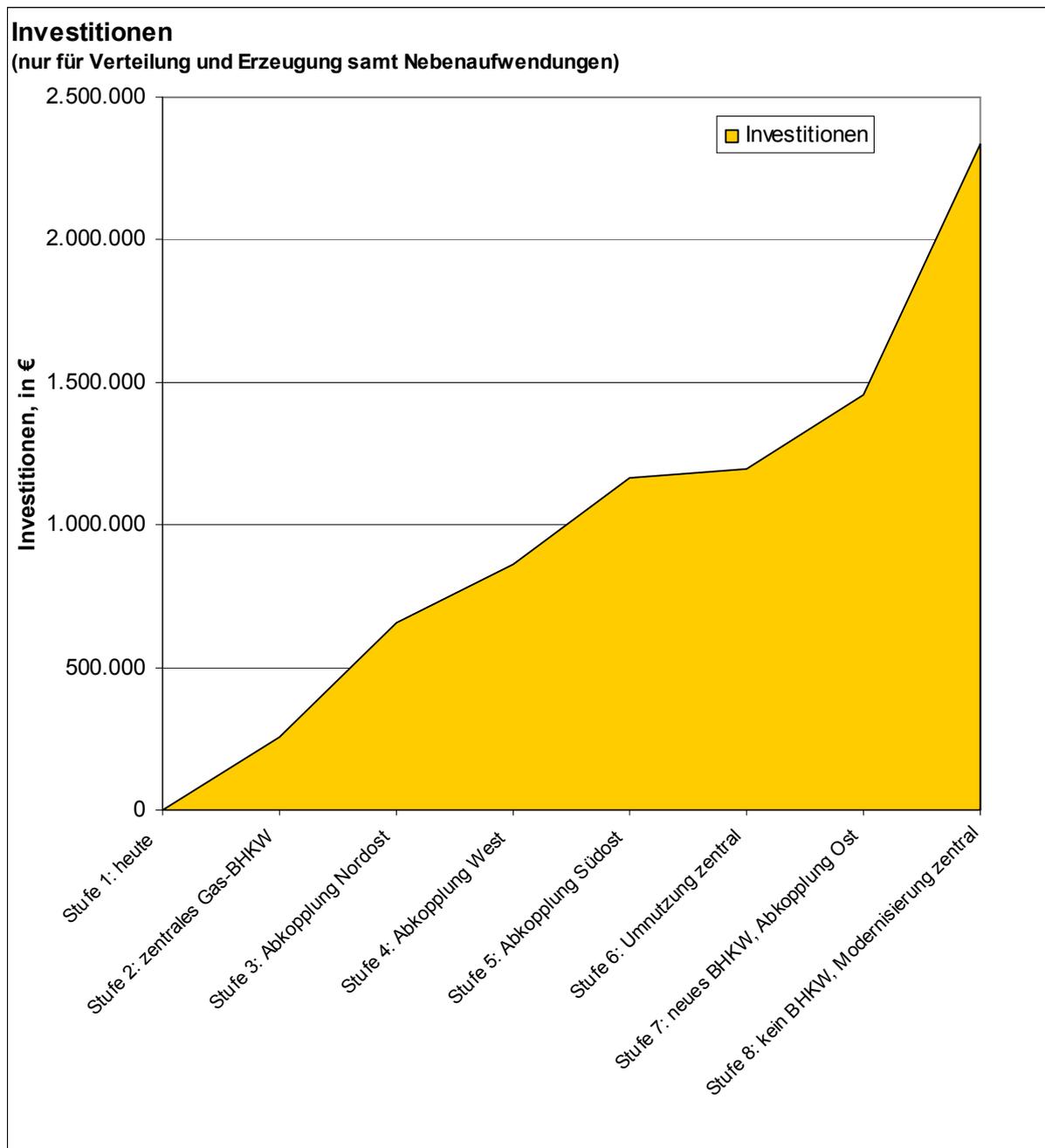


Bild 37 Mögliches Szenario der Investitionskosten

## Flächen

Aus Gründen der Statistik soll nachfolgende Grafik die versorgten Flächen nach Energieträgern veranschaulichen. Aus heutiger Sicht der Dinge ergibt sich ein kleiner Flächenzuwachs durch das Gebäude "Mohnmorgen".

Insgesamt ist festzustellen, dass etwa 40 % der Fläche sich künftig in der Peripherie befinden werden und mit Holz dezentral beheizt werden. Die anderen 60 % der Fläche werden zentral über Gas (Kessel/BHKW) und Bioabwärme versorgt.

Die insgesamt bis einschließlich Stufe 5 ausgewiesene mit Holz versorgte Fläche erscheint realistisch. Für die betroffenen Gebäude stehen in Kürze Entscheidungen zur Modernisierung an. Es ist wahrscheinlich, dass Holz dort jeweils der wirtschaftlichste Energieträger ist, sofern sich die Randdaten nicht grundlegend in den nächsten Wochen und Monaten ändern.

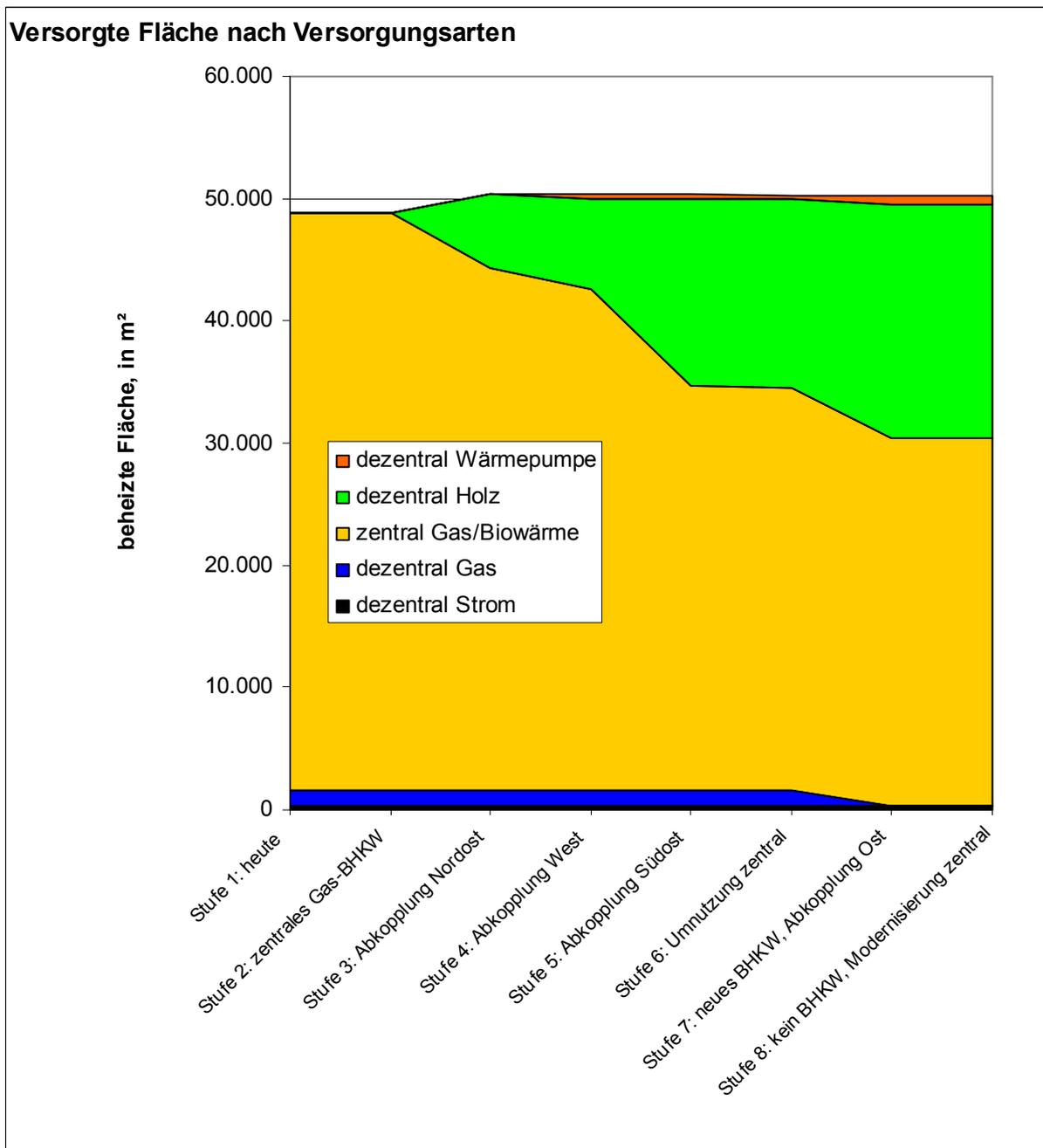


Bild 38 Szenario versorgte Flächen

## Verteilnetz

Das Verteilnetz und seine Verluste werden im Zuge der Umsetzung des vorgeschlagenen Energiekonzeptes drastisch vermindert. Mit jeder Abkopplung von Außengebieten ergibt sich ein Rückgang der Länge. Zum Schluss ermöglichte die dann erfolgte Modernisierung des Zentralgebietes noch eine Netztemperaturanpassung.

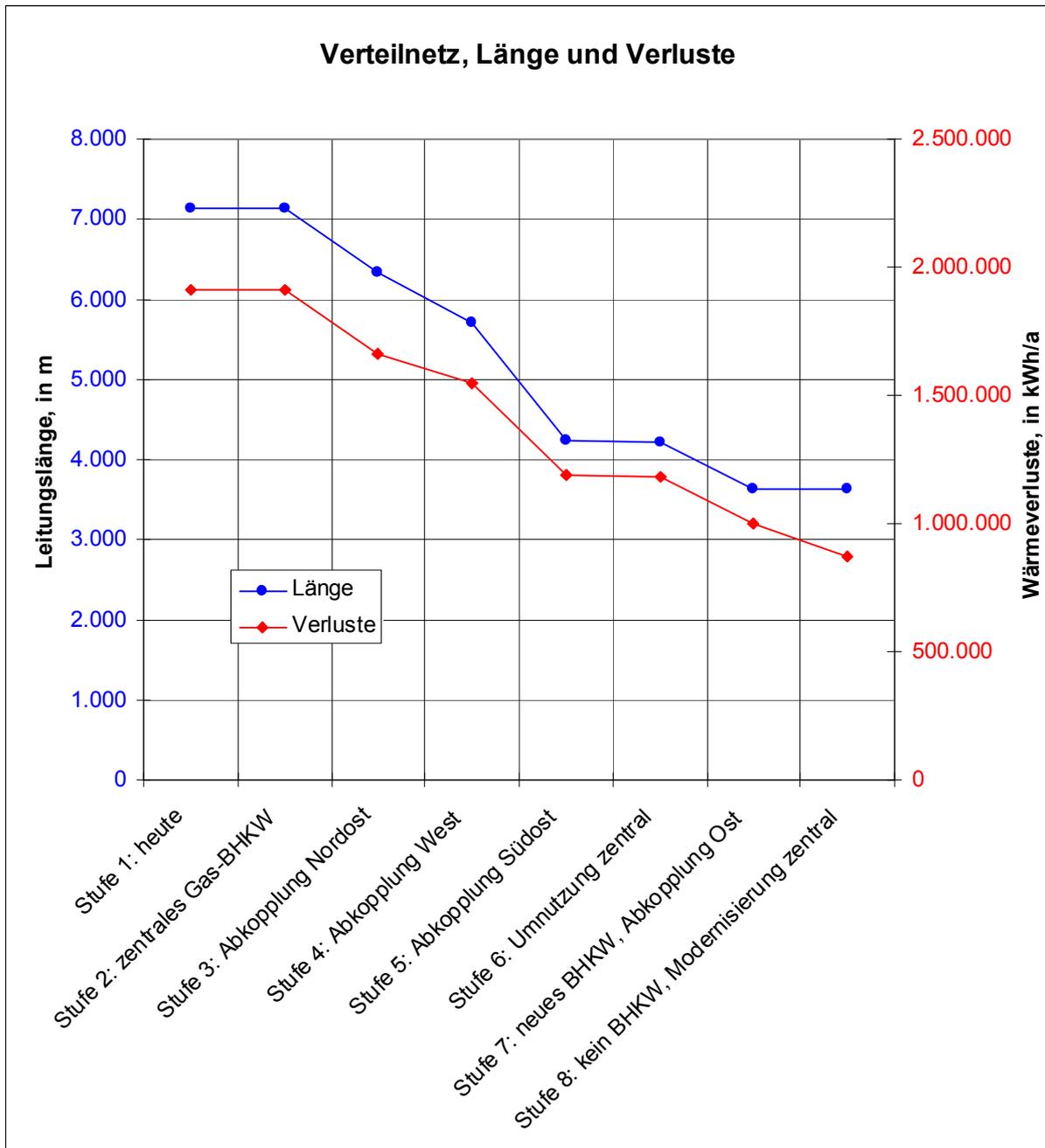


Bild 39 Szenario veränderte Nahwärmenetzstruktur

Die Länge kann halbiert werden. Die Netzverluste um 54 % vermindert. Das Potential an eingesparten Netzverlusten liegt bei etwas über 1000 MWh/a.

Das entspricht einem heutigen Gegenwart von 75.000 €/a – Gasbeheizung vorausgesetzt. Auch wenn man eine zentrale Holzheizung mit Hackschnitzeln voraussetzen würden, ergäbe sich eine Einsparung von mindestens 30.000 €/a zu heutigen Preisen. Beide Werte liegen mindestens um den Faktor 3 höher, würde die Energiepreissteigerung moderat mit eingerechnet.

Allein diese vermiedenen Netzverluste eröffnen ein Investitionsvolumen verteilt über 30 Jahre von 1 bis 2 Mio. €, sofern die Energiepreise nicht steigen. Sonst das etwa 3 fache.

Wenn dies bedacht wird, dann könnten allein über die Einsparungen durch vermiedene Netzverluste alle Investitionen in bessere bzw. geänderte Wärmeerzeugung und den Netzbau aus dieser Einsparung refinanziert werden.

## 7 Fazit zum Energiekonzept

Das vorliegende Energiekonzept für Neuerkerode zeigt einen Weg auf, wie durch sukzessiven Umbau der Wärmeversorgungsstruktur an der Peripherie der Liegenschaft sowie durch sinnvolle Investitionen in der Zentrale folgende Punkte erreicht werden können:

1. Eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von fast 60 % - ohne Einrechnung von Solarthermie und regenerativ erzeugtem Strom,
2. Ein gesamtwirtschaftlicher Gebäudebetrieb durch modernisierte Objekte und erst nachfolgende Optimierung der Wärmeversorgung,
3. Eine auf mehrere Energieträger verteilte Versorgung mit daher gestreutem Risiko, welche einerseits das vorhandene Abwärmepotential der benachbarten Biogasanlage nutzt und andererseits das Biomassebudget für Holz berücksichtigt.

Empfohlen wird eine Dezentralisierung mit Wahl eines Holzkessels und Rückbau der heutigen Nahwärmeleitungen für die folgenden Gebäude: Lindenplatz, Sundern, Wabehaus, Tischlerei/Schlosserei, Wabeweg, Emmaus, Zoar, Wohnhaus I, Kaiserwald (bzw. das Ersatzgebäude an der Stelle des heutigen Kaiserwalds). Das Gebäude am Mohnmorgen soll gleich in dieser Art errichtet werden. Für die Gebäude Weidenweg und Asse soll dies künftig zumindest geprüft werden.

Wie vor, jedoch mit Wärmepumpe als dezentralem Erzeuger ergibt sich die Empfehlung für die Netzabtrennung für: die Kegelbahn, den Kindergarten, das Pfarrhaus.

Die Restgebäude verbleiben an der heutigen Zentrale, welche kurzfristig mit einem zusätzlichen Gas-BHKW ausgestattet wird. Wenn dieses künftig ersetzt wird, soll noch einmal ein kleineres BHKW eingesetzt werden. Hat auch dieses seine Lebensdauer erreicht, wird vermutlich kein Grundlastbedarf mehr vorhanden sein, weil die Gebäudemodernisierung abgeschlossen ist.

Das wichtigste Fazit der vorliegenden Untersuchungen ist, dass es in Neuerkerode – unabhängig welche Wärmeerzeuger und Energieträger zentral eingesetzt werden – einen Rückbau des Netzes im Zuge von Gebäudemodernisierungen geben muss. Selbst bei einem sehr günstigen Brennstoff wie Hackschnitzel für die Zentrale ergibt sich kein wirtschaftlicher Betrieb für die oben zur Dezentralisierung vorgeschlagenen Gebäude. Ökologisch ist der Netzbetrieb wegen der erhöhten Verluste sowieso zu vermeiden, es sei denn es wird Abwärme genutzt – wie es in der Zentrale mit der Biogasabwärme der Fall ist.

Hinsichtlich der Gesamtausrichtung des Konzeptes wurde hier vorgeschlagen, für die Peripherie Holz und Strom und für die Zentrale Bioabwärme und Gas mit BHKW zu verwenden. Das erfordert einerseits wenige Umbauten in der Zentrale, streut die Energieträger breit zur Risikominderung und unter Beachtung des Biomassebudgets. Es ergibt geringere bis keine Netzverluste in der Peripherie und erlaubt eine optimale Nutzung der Bioabwärme.

Es gibt diverse Alternativkonzepte, die jedoch nicht jeweils alle diese Kriterien erfüllen.

Ein mögliches Alternativkonzept wäre die Verwendung von Holz, Bioabwärme und Gas in der Zentrale. Das erforderte dann jedoch in der Peripherie aus Gründen der Risikominimierung und zur Beachtung des Biomassebudgets den Einsatz von Öl oder Wärmepumpen – nicht wieder Holz. Für die Peripherie ist dies aus heutiger Sicht die zweitbeste Lösung. Für die Umbaumaßnahmen in den Heizzentralen der Peripherie ergeben sich fast vergleichbare Kosten. Allerdings ergäben sich größere Baumaßnahmen in der Zentrale, daher wurde diese Lösung nicht weiter untersucht.

## 8 Anhang

### 8.1 *Detailempfehlungen*

Von großer Bedeutung und mit Empfehlung zur baldigen Umsetzung sind die Gebiete im Südosten, Nordosten und im Westen der Liegenschaft. Sie werden als nächste Sanierungsgebiete empfohlen, so dass eine Netztrennung alsbald erfolgen kann. Für diese Gebäude folgen an dieser Stelle zusammengefasst Modernisierungsdetails.

#### **Außengebiet Südost**

- Emmaus+Wohnhaus I
  - Emmaus zunächst baulich sanieren
  - dann für beide Gebäude zusammen ein gemeinsamer Holzhackschnitzelkessel
  - Kosten für die neue Erzeugung geschätzt 120.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 1162 MWh/a Erdgas in der Heizzentrale durch künftig (saniert) 612 MWh/a Holz innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 342 m Nahwärmeleitung mit 98 MWh/a Verlusten außerhalb der Gebäude
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 267 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 25 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 55.000 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 6000 €/a
  
- Kaiserwald
  - Abriss der Wohnbauten und Neubau eines vergleichbar großen Pflegeheims
  - dann für dieses Pflegeheim einen zentralen Hackschnitzelkessel installieren
  - Kosten für die neue Erzeugung geschätzt 85.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniertes Wohnbau) 945 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (modernes neues Pflegeheim) 282 MWh/a Holz innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 744 m Nahwärmeleitung mit 210 MWh/a Verlusten außerhalb der Gebäude
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 218 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 54 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 48.000 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung knapp 13.000 €/a
  
- Zoar
  - Modernisierung von Zoar zunächst abschließen
  - dann Holzhackschnitzelkessel für dieses Gebäude installieren
  - Kosten für die neue Erzeugung geschätzt 99.000 €
  - Ersatz von heute (teilsaniert) 709 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (vollsanierter) 436 MWh/a Holz innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 402 m Nahwärmeleitung mit 106 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 163 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 27 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 33.000 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 6500 €/a

## Außengebiet West

- Kegelbahn
  - Kegelbahn entweder baulich modernisieren und mit Wärmepumpe ausstatten (oder Installation einer elektrischen Strahlungsheizung, ggf. ohne Modernisierung, wurde hier aber nicht weiter geprüft)
  - Kosten für die Außenluftwärmepumpe geschätzt 27.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 58 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) 4 MWh/a Strom innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 72 m Nahwärmeleitung mit 14 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 14 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 4 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 3.300 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 850 €/a
  
- Kindergarten
  - zuerst baulich modernisieren
  - Einbau einer Erdreichwärmepumpe oder einer Außenluftwärmepumpe nach Überprüfung der Kosten durch Angebote
  - Kosten für den Erzeuger geschätzt 44.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 105 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) 7 MWh/a Strom innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 192 m Nahwärmeleitung mit 44 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 21 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 11 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 5.700 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 2.700 €/a
  
- Wabeweg 3 und 3a
  - zuerst baulich modernisieren
  - Einbau eines Holzkessels
  - Kosten für den Erzeuger geschätzt 42.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 153 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) 86 MWh/a Holz innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 60 m Nahwärmeleitung mit 17 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 36 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 4 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 5.900 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 1.000 €/a

- Wabehaus und Tischlerei
  - zuerst beide Gebäude baulich modernisieren
  - Einbau eines Holzkessels in das Wabehaus und Verlegung von 32 m neuer Erdleitung zur Tischlerei
  - Kosten für den Erzeuger und die Erdleitung geschätzt 92.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 419 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) 209 MWh/a Holz innerhalb der Insel
  - Wegfall von 324 m alter Nahwärmeleitung mit 91 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 98 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 23 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 20.000 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 5.500 €/a
  
- Pfarrhaus
  - zuerst baulich modernisieren
  - Einbau einer Erdreichwärmepumpe
  - Kosten für den Erzeuger geschätzt 80.000 €
  - Ersatz von heute (unsaniert) 158 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) 10 MWh/a Strom innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von 180 m Nahwärmeleitung mit 48 MWh/a Verlusten außerhalb des Gebäudes
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 36 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 12 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 8.800 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 2.900 €/a

### **Außengebiet Nordost**

- Lindenplatz und Sundern
  - beide Gebäude zunächst baulich modernisieren und mit jeweils einer Holzheizzentrale als Hackschnitzelanlage ausstatten
  - Kosten für die Hackschnitzelanlage jeweils geschätzt 150.000 € incl. aller weiteren Umbaumaßnahmen, z.B. Errichtung von zwei Zentralen
  - Ersatz von heute (unsaniert) je 733 MWh/a Erdgas in der Zentrale durch künftig (saniert) je 498 MWh/a Holz innerhalb des Gebäudes
  - Wegfall von zusammen 806 m Nahwärmeleitung mit 215 MWh/a Verlusten außerhalb der Gebäude
  - Einsparung CO<sub>2</sub> durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers 344 t/a, davon durch Rückbau Netztrasse 55 t/a (Erdgas vorausgesetzt)
  - Einsparung von Energiekosten zu heutigen Preisen durch Sanierung und Umstellung des Energieträgers ca. 67.000 €/a, davon durch Rückbau der Nahwärmeleitung ca. 13.000 €/a
  
- Mohnmorgen
  - gleich bei der Errichtung das Gebäude mit einer Holzheizzentrale als Hackschnitzelanlage ausstatten
  - Kosten für die Hackschnitzelanlage jeweils geschätzt 94.000 € incl. aller weiteren Begleitkosten
  - Einsparung von geplanten ca. 220 m Rohrleitungen im Erdreich mit Verlusten von etwa 20 MWh/a

## 8.2 Kostendaten

für alle Preisansätze gilt:

Mehrwertsteuer **1,19**  
Planungskostenzuschlag **1,2**

BKI = Baukostenindex

2004/05 - heute  
2008 - heute

1,14  
1,00

1)	Nahwärmeleitungen im bebauten Gelände aus Kunststoffmantelrohr je m, bei einem DN	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN</th> <th>€/m Trasse</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>418,95</td></tr> <tr><td>32</td><td>436,05</td></tr> <tr><td>40</td><td>467,4</td></tr> <tr><td>50</td><td>493,05</td></tr> <tr><td>65</td><td>524,4</td></tr> <tr><td>80</td><td>564,3</td></tr> </tbody> </table>	DN	€/m Trasse	25	418,95	32	436,05	40	467,4	50	493,05	65	524,4	80	564,3	Quelle: EWU, 2004 BKI 04-10 1,14																						
DN	€/m Trasse																																						
25	418,95																																						
32	436,05																																						
40	467,4																																						
50	493,05																																						
65	524,4																																						
80	564,3																																						
brutto	Steigung <b>3,7</b> €/DN x m Achse <b>509</b> €/m Parameter DN und verlegte Länge Funktionsabb. nein	Nettopreise: Steigung <b>2,62</b> Achse <b>356</b>																																					
2)	TWW-Leitungen im Gebäude (Keller) je m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN [mm]</th> <th>100% Dämmung [€/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>14,77</td></tr> <tr><td>15</td><td>16,33</td></tr> <tr><td>18</td><td>17,97</td></tr> <tr><td>22</td><td>20,28</td></tr> <tr><td>28</td><td>24,34</td></tr> <tr><td>35</td><td>29,06</td></tr> </tbody> </table>	DN [mm]	100% Dämmung [€/m]	12	14,77	15	16,33	18	17,97	22	20,28	28	24,34	35	29,06	frdata, Baupreislexikon, 2009 BKI 1,00																						
DN [mm]	100% Dämmung [€/m]																																						
12	14,77																																						
15	16,33																																						
18	17,97																																						
22	20,28																																						
28	24,34																																						
35	29,06																																						
brutto	Festwert <b>29,2</b> €/m Parameter verlegte Länge Funktionsabb. nein	Nettopreise: Mittelwert <b>20,5</b>																																					
3)	Heizleitungen im Gebäude (Keller) je m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN [mm]</th> <th>100% Dämmung [€/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>17,97</td></tr> <tr><td>22</td><td>20,28</td></tr> <tr><td>28</td><td>24,34</td></tr> <tr><td>35</td><td>29,06</td></tr> <tr><td>42</td><td>34,2</td></tr> <tr><td>54</td><td>44,34</td></tr> </tbody> </table>	DN [mm]	100% Dämmung [€/m]	18	17,97	22	20,28	28	24,34	35	29,06	42	34,2	54	44,34	frdata, Baupreislexikon, 2009 BKI 1,00																						
DN [mm]	100% Dämmung [€/m]																																						
18	17,97																																						
22	20,28																																						
28	24,34																																						
35	29,06																																						
42	34,2																																						
54	44,34																																						
brutto	Festwert <b>40,5</b> €/m Parameter verlegte Länge Funktionsabb. nein	Nettopreise: Mittelwert <b>28,4</b>																																					
4)	Gasleitungen im bebauten Gelände je m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN [mm]</th> <th>je 100 m [€/100 m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>25705</td></tr> <tr><td>80</td><td>26171</td></tr> <tr><td>100</td><td>26967</td></tr> <tr><td>125</td><td>28152</td></tr> <tr><td>150</td><td>28969</td></tr> <tr><td>200</td><td>31242</td></tr> </tbody> </table>	DN [mm]	je 100 m [€/100 m]	50	25705	80	26171	100	26967	125	28152	150	28969	200	31242	Quelle: EWU, 2004 BKI 04-10 1,14																						
DN [mm]	je 100 m [€/100 m]																																						
50	25705																																						
80	26171																																						
100	26967																																						
125	28152																																						
150	28969																																						
200	31242																																						
brutto	Festwert <b>398,0</b> €/m Parameter verlegte Länge Funktionsabb. nein	Nettopreise: Mittelwert <b>27871</b>																																					
5)	indirekt beheizter TWW-Speicher, komplett mit Pumpe, Aufstellung, Anschluss an Erzeuger je Liter	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liter</th> <th>Speicher</th> <th>Zubehör</th> <th>Einbau</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>150</td><td>1700</td><td>500</td><td>1000</td><td>3200</td></tr> <tr><td>400</td><td>2800</td><td>550</td><td>1100</td><td>4450</td></tr> <tr><td>500</td><td>3200</td><td>600</td><td>1200</td><td>5000</td></tr> <tr><td>750</td><td>4000</td><td>650</td><td>1300</td><td>5950</td></tr> <tr><td>1000</td><td>5000</td><td>700</td><td>1400</td><td>7100</td></tr> <tr><td>1500</td><td>6000</td><td>750</td><td>1500</td><td>8250</td></tr> </tbody> </table>	Liter	Speicher	Zubehör	Einbau	Summe	150	1700	500	1000	3200	400	2800	550	1100	4450	500	3200	600	1200	5000	750	4000	650	1300	5950	1000	5000	700	1400	7100	1500	6000	750	1500	8250	Quelle: Buderus, Vaillant, eigene Schätzung BKI: 1,0	
Liter	Speicher	Zubehör	Einbau	Summe																																			
150	1700	500	1000	3200																																			
400	2800	550	1100	4450																																			
500	3200	600	1200	5000																																			
750	4000	650	1300	5950																																			
1000	5000	700	1400	7100																																			
1500	6000	750	1500	8250																																			
brutto	Steigung <b>5,4</b> €/m³ Achse <b>4239</b> € Parameter Volumen Funktionsabb. nein	Nettopreise: Steigung <b>3,8</b> Achse <b>2968,3</b>																																					
6)	Frischwasserstation/ zentraler DLE, komplett mit Pumpe, Aufstellung, Anschluss an Erzeuger je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Station</th> <th>Zubehör</th> <th>Einbau</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>2000</td><td>500</td><td>1000</td><td>3500</td></tr> <tr><td>60</td><td>2800</td><td>550</td><td>1100</td><td>4450</td></tr> <tr><td>120</td><td>4000</td><td>650</td><td>1300</td><td>5950</td></tr> <tr><td>150</td><td>5000</td><td>700</td><td>1400</td><td>7100</td></tr> <tr><td>200</td><td>6000</td><td>750</td><td>1500</td><td>8250</td></tr> </tbody> </table>	kW	Station	Zubehör	Einbau	Summe	20	2000	500	1000	3500	60	2800	550	1100	4450	120	4000	650	1300	5950	150	5000	700	1400	7100	200	6000	750	1500	8250	Quelle: Buderus, Solvis eigene Annahmen (weil wenig Infos) BKI: 1,0						
kW	Station	Zubehör	Einbau	Summe																																			
20	2000	500	1000	3500																																			
60	2800	550	1100	4450																																			
120	4000	650	1300	5950																																			
150	5000	700	1400	7100																																			
200	6000	750	1500	8250																																			
brutto	Steigung <b>38,4</b> €/kW Achse <b>4130</b> € Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein	Nettopreise: Steigung <b>26,9</b> Achse <b>2892,4</b>																																					
7)	kleine E-Speicher oder E-DLE mit Einbau je Liter	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liter</th> <th>Gerät</th> <th>Einbau</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>115</td><td>100</td><td>215</td></tr> <tr><td>10</td><td>205</td><td>100</td><td>305</td></tr> <tr><td>15</td><td>255</td><td>100</td><td>355</td></tr> <tr><td>5</td><td>135</td><td>100</td><td>235</td></tr> <tr><td>5</td><td>155</td><td>100</td><td>255</td></tr> <tr><td>10</td><td>250</td><td>100</td><td>350</td></tr> </tbody> </table>	Liter	Gerät	Einbau	Summe	5	115	100	215	10	205	100	305	15	255	100	355	5	135	100	235	5	155	100	255	10	250	100	350	Quelle: Bloomberg, Vaillant BKI: 1,0								
Liter	Gerät	Einbau	Summe																																				
5	115	100	215																																				
10	205	100	305																																				
15	255	100	355																																				
5	135	100	235																																				
5	155	100	255																																				
10	250	100	350																																				
brutto	Festwert <b>49,0</b> €/l Parameter Volumen Funktionsabb. nein	Nettopreise: Mittel: <b>34,3</b>																																					

8)	Pufferspeicher komplett mit Ladepumpe und Einbau  je Liter	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liter</th> <th>Speicher</th> <th>Zubehör</th> <th>Einbau</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>200</td><td>1300</td><td>500</td><td>1000</td><td>2800,244168</td></tr> <tr><td>300</td><td>1451</td><td>550</td><td>1200</td><td>3200,555454</td></tr> <tr><td>500</td><td>1665</td><td>600</td><td>1400</td><td>3664,90374</td></tr> <tr><td>750</td><td>1857</td><td>650</td><td>1600</td><td>4107,37053</td></tr> <tr><td>1000</td><td>2007</td><td>700</td><td>1800</td><td>4507,275675</td></tr> <tr><td>1500</td><td>2239</td><td>750</td><td>2000</td><td>4989,321467</td></tr> <tr><td>2500</td><td>2570</td><td>800</td><td>2200</td><td>5570,225548</td></tr> <tr><td>4000</td><td>2918</td><td>850</td><td>2400</td><td>6167,714592</td></tr> </tbody> </table>	Liter	Speicher	Zubehör	Einbau	Summe	200	1300	500	1000	2800,244168	300	1451	550	1200	3200,555454	500	1665	600	1400	3664,90374	750	1857	650	1600	4107,37053	1000	2007	700	1800	4507,275675	1500	2239	750	2000	4989,321467	2500	2570	800	2200	5570,225548	4000	2918	850	2400	6167,714592	<p>Quelle: Blomberg, HDG Bavaria BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Faktor 707,3 Exponent 0,2644</p>	
Liter	Speicher	Zubehör	Einbau	Summe																																													
200	1300	500	1000	2800,244168																																													
300	1451	550	1200	3200,555454																																													
500	1665	600	1400	3664,90374																																													
750	1857	650	1600	4107,37053																																													
1000	2007	700	1800	4507,275675																																													
1500	2239	750	2000	4989,321467																																													
2500	2570	800	2200	5570,225548																																													
4000	2918	850	2400	6167,714592																																													
brutto	Faktor 1002 € Exponent 0,2644 Parameter Volumen Funktionsabb. nein																																																
9)	Umbau eines Raumes zum Holzlager  je m² Grundfläche	<table border="1"> <thead> <tr> <th>m² Fläche</th> <th>Summe</th> <th>bezogen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>2000</td><td>200</td></tr> <tr><td>20</td><td>3500</td><td>175</td></tr> <tr><td>50</td><td>7500</td><td>150</td></tr> <tr><td>100</td><td>12000</td><td>120</td></tr> <tr><td>200</td><td>20000</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	m² Fläche	Summe	bezogen	10	2000	200	20	3500	175	50	7500	150	100	12000	120	200	20000	100	<p>eigene Schätzung BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Faktor 349,37 Exponent -0,2309</p>																												
m² Fläche	Summe	bezogen																																															
10	2000	200																																															
20	3500	175																																															
50	7500	150																																															
100	12000	120																																															
200	20000	100																																															
brutto	Faktor 495 €/m² Exponent -0,2309 Parameter Grundfläche des Raumes Funktionsabb. nein																																																
10)	Neubau eines Heiz/Lagerraumes, auch für Öltankaufstellung komplett als Rohbau  je m² Grundfläche	<table border="1"> <thead> <tr> <th>m² Fläche</th> <th>Summe</th> <th>bezogen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>7000</td><td>700</td></tr> <tr><td>20</td><td>12000</td><td>600</td></tr> <tr><td>50</td><td>20000</td><td>400</td></tr> <tr><td>100</td><td>25000</td><td>250</td></tr> <tr><td>200</td><td>40000</td><td>200</td></tr> </tbody> </table>	m² Fläche	Summe	bezogen	10	7000	700	20	12000	600	50	20000	400	100	25000	250	200	40000	200	<p>eigene Schätzung BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Faktor 2105,5 Exponent -0,4448</p>																												
m² Fläche	Summe	bezogen																																															
10	7000	700																																															
20	12000	600																																															
50	20000	400																																															
100	25000	250																																															
200	40000	200																																															
brutto	Faktor 2982 €/m² Exponent -0,4448 Parameter Grundfläche des Raumes Funktionsabb. nein																																																
11)	Öltankanlage, komplett mit Anschluss bis Erzeuger  je Liter	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liter</th> <th>Tank</th> <th>Einbau</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>750</td><td>1115</td><td>1000</td><td>2115</td></tr> <tr><td>1000</td><td>1300</td><td>1300</td><td>2600</td></tr> <tr><td>2000</td><td>2200</td><td>2000</td><td>4200</td></tr> <tr><td>6000</td><td></td><td></td><td>9600</td></tr> <tr><td>12000</td><td></td><td></td><td>19200</td></tr> <tr><td>20000</td><td></td><td></td><td>32000</td></tr> </tbody> </table>	Liter	Tank	Einbau	Summe	750	1115	1000	2115	1000	1300	1300	2600	2000	2200	2000	4200	6000			9600	12000			19200	20000			32000	<p>Quelle: EWU, 2004 / RPB BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Steigung Achse 1,5 Achse 877,3</p>																		
Liter	Tank	Einbau	Summe																																														
750	1115	1000	2115																																														
1000	1300	1300	2600																																														
2000	2200	2000	4200																																														
6000			9600																																														
12000			19200																																														
20000			32000																																														
brutto	Steigung 2,2 €/l Achse 1253 € Parameter Volumen Funktionsabb. nein																																																
12)	Gasanschluss an Erzeuger  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3000</td><td>45000</td></tr> <tr><td>1200</td><td>21600</td></tr> <tr><td>657</td><td>11827</td></tr> <tr><td>20</td><td>8800</td></tr> </tbody> </table>	kW	Summe	3000	45000	1200	21600	657	11827	20	8800	<p>Quelle: EWU, 2004 / RPB BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Steigung Achse 12,7 Achse 6332,8</p>																																				
kW	Summe																																																
3000	45000																																																
1200	21600																																																
657	11827																																																
20	8800																																																
brutto	Steigung 18,1 €/kW Achse 9043 € Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																																
13)	Schornsteinneubau, komplett  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Leistung</th> <th>Preis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>3000</td></tr> <tr><td>657</td><td>14454</td></tr> <tr><td>1100</td><td>24200</td></tr> <tr><td>2370</td><td>52140</td></tr> </tbody> </table>	Leistung	Preis	20	3000	657	14454	1100	24200	2370	52140	<p>Quelle: EWU, 2004 / RPB BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Steigung Achse 21,1 Achse 1551,8</p>																																				
Leistung	Preis																																																
20	3000																																																
657	14454																																																
1100	24200																																																
2370	52140																																																
brutto	Steigung 30,2 €/kW Achse 2216 € Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																																
14)	Abgasrohr einziehen in vorhandenen Schornstein Edelstahl  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Leistung</th> <th>Preis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>1500</td></tr> <tr><td>657</td><td>7227</td></tr> <tr><td>1100</td><td>12100</td></tr> <tr><td>2370</td><td>26070</td></tr> </tbody> </table>	Leistung	Preis	20	1500	657	7227	1100	12100	2370	26070	<p>ca. 40 % der Neubaukosten Quelle: EWU, 2004 BKI: 1,0</p> <p>Nettopreise: Steigung Achse 10,6 Achse 775,9</p>																																				
Leistung	Preis																																																
20	1500																																																
657	7227																																																
1100	12100																																																
2370	26070																																																
brutto	Steigung 15,1 €/kW Achse 1108 € Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																																

15)	Regelung und Leittechnik je m <sup>2</sup> Gebäudefläche	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fläche</th> <th>Preis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>673</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td>1359</td> <td>6500</td> </tr> <tr> <td>1667</td> <td>26000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: RPB BKI: 1,0</p>	Fläche	Preis	673	5000	1359	6500	1667	26000	Altes Schulhaus Asse für je 1/3 der Liegenschaft	<p>Steigung 1,8 €/m<sup>2</sup> Achse 6322 € Parameter beheizte Fläche Funktionsabbnein</p> <p>Nettopreise: Steigung 1,3 Achse 4427,4</p>																																																
Fläche	Preis																																																											
673	5000																																																											
1359	6500																																																											
1667	26000																																																											
16)	Nahwärmeanschluss ohne Warmwasserbereitung je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Preis</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>2280</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>3420</td> <td>68,4</td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>4560</td> <td>60,8</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>7182</td> <td>35,91</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>9006</td> <td>18,012</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>10260</td> <td>10,26</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>13680</td> <td>6,84</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: Stadwerke HBS, EWI 2004 BKI: 1,14</p>	kW	Preis	Preis/kW	20	2280	114	50	3420	68,4	75	4560	60,8	200	7182	35,91	500	9006	18,012	1000	10260	10,26	2000	13680	6,84		<p>Faktor 1165,3 €/kW Exponent -0,6212 Parameter thermische Leistung Funktionsabbnein</p> <p>Nettopreise: Faktor 816,03 Exponent -0,6212</p>																																
kW	Preis	Preis/kW																																																										
20	2280	114																																																										
50	3420	68,4																																																										
75	4560	60,8																																																										
200	7182	35,91																																																										
500	9006	18,012																																																										
1000	10260	10,26																																																										
2000	13680	6,84																																																										
17)	Nahwärmeanschluss mit Warmwasserbereitung (ohne Speicher!) je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Preis</th> <th>Zuschlag</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>2280</td> <td>1140</td> <td>171</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>3420</td> <td>1140</td> <td>91,2</td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>4560</td> <td>1254</td> <td>77,52</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>7182</td> <td>1368</td> <td>42,75</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>9006</td> <td>1482</td> <td>20,976</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>10260</td> <td>1596</td> <td>11,856</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>13680</td> <td>1710</td> <td>7,695</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: Stadwerke HBS, EWI 2004 BKI: 1,14</p>	kW	Preis	Zuschlag	Preis/kW	20	2280	1140	171	50	3420	1140	91,2	75	4560	1254	77,52	200	7182	1368	42,75	500	9006	1482	20,976	1000	10260	1596	11,856	2000	13680	1710	7,695		<p>Faktor 1960,9 €/kW Exponent -0,6781 Parameter thermische Leistung Funktionsabbnein</p> <p>Nettopreise: Faktor 1373,2 Exponent -0,6781</p>																								
kW	Preis	Zuschlag	Preis/kW																																																									
20	2280	1140	171																																																									
50	3420	1140	91,2																																																									
75	4560	1254	77,52																																																									
200	7182	1368	42,75																																																									
500	9006	1482	20,976																																																									
1000	10260	1596	11,856																																																									
2000	13680	1710	7,695																																																									
18)	Gasbrennwertkessel komplett mit Pumpe Verrohrung usw. je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Kessel</th> <th>Zusatz</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>4000</td> <td>1000</td> <td>5000</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>4000</td> <td>1000</td> <td>5000</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6500</td> <td>1200</td> <td>7700</td> <td>154</td> </tr> <tr> <td>115</td> <td>12600</td> <td>2000</td> <td>14600</td> <td>127</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>18500</td> <td>2500</td> <td>21000</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>508</td> <td>27200</td> <td>4000</td> <td>31200</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>657</td> <td></td> <td></td> <td>29565</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>978</td> <td>42500</td> <td>5000</td> <td>47500</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>1100</td> <td></td> <td></td> <td>55000</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2370</td> <td></td> <td></td> <td>106650</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: RPB; Buderus, Brötje, EWI 2004, eigene Annahmen BKI: 1,00</p>	kW	Kessel	Zusatz	Summe	Preis/kW	10	4000	1000	5000	500	20	4000	1000	5000	250	50	6500	1200	7700	154	115	12600	2000	14600	127	250	18500	2500	21000	84	508	27200	4000	31200	61	657			29565	45	978	42500	5000	47500	49	1100			55000	50	2370			106650	45		<p>Faktor 1464,4 €/kW Exponent -0,4411 Parameter thermische Leistung Funktionsabbnein</p> <p>Nettopreise: Faktor 1025,5 Exponent -0,4411</p>	
kW	Kessel	Zusatz	Summe	Preis/kW																																																								
10	4000	1000	5000	500																																																								
20	4000	1000	5000	250																																																								
50	6500	1200	7700	154																																																								
115	12600	2000	14600	127																																																								
250	18500	2500	21000	84																																																								
508	27200	4000	31200	61																																																								
657			29565	45																																																								
978	42500	5000	47500	49																																																								
1100			55000	50																																																								
2370			106650	45																																																								
19)	Ölbrennwertkessel komplett mit Pumpe Verrohrung usw. je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Kessel</th> <th>Zusatz</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>5200</td> <td>1000</td> <td>6200</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6200</td> <td>1000</td> <td>7200</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td></td> <td></td> <td>9480</td> <td>139</td> </tr> <tr> <td>130</td> <td>7200</td> <td>7000</td> <td>14200</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>285</td> <td>9300</td> <td>12000</td> <td>21300</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>657</td> <td>32850</td> <td>5000</td> <td>37850</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>1100</td> <td>55000</td> <td>5000</td> <td>60000</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>2370</td> <td>118500</td> <td>5000</td> <td>123500</td> <td>52</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: RPB; Buderus, Brötje, EWI 2004, eigene Annahmen BKI: 1,00</p>	kW	Kessel	Zusatz	Summe	Preis/kW	10	5200	1000	6200	620	20	6200	1000	7200	360	68			9480	139	130	7200	7000	14200	109	285	9300	12000	21300	75	657	32850	5000	37850	58	1100	55000	5000	60000	55	2370	118500	5000	123500	52		<p>Faktor 1851 €/kW Exponent -0,4617 Parameter thermische Leistung Funktionsabbnein</p> <p>Nettopreise: Faktor 1295,9 Exponent -0,4617</p>											
kW	Kessel	Zusatz	Summe	Preis/kW																																																								
10	5200	1000	6200	620																																																								
20	6200	1000	7200	360																																																								
68			9480	139																																																								
130	7200	7000	14200	109																																																								
285	9300	12000	21300	75																																																								
657	32850	5000	37850	58																																																								
1100	55000	5000	60000	55																																																								
2370	118500	5000	123500	52																																																								
20)	Hackschnitzkessel komplett mit Pumpe Verrohrung usw. je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>14136</td> <td>1414</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>17898</td> <td>895</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>27816</td> <td>409</td> </tr> <tr> <td>130</td> <td>42180</td> <td>324</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>68700</td> <td>229</td> </tr> <tr> <td>657</td> <td>91980</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>1100</td> <td>154000</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>2370</td> <td>331800</td> <td>140</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quelle: MAP, RPB BKI: 1,14</p>	kW	Summe	Preis/kW	10	14136	1414	20	17898	895	68	27816	409	130	42180	324	300	68700	229	657	91980	140	1100	154000	140	2370	331800	140	<p>Bruttopreise! Faktor 3211,7 Exponent -0,4472</p> <p>Erzeuger 10146 Peripherie 2231 Montage 1303 Raumaustrag 1989 20 15669</p>	<p>Faktor 3854 €/kW Exponent -0,4472 Parameter thermische Leistung Funktionsabbnein</p>																													
kW	Summe	Preis/kW																																																										
10	14136	1414																																																										
20	17898	895																																																										
68	27816	409																																																										
130	42180	324																																																										
300	68700	229																																																										
657	91980	140																																																										
1100	154000	140																																																										
2370	331800	140																																																										

21)	Gas-BHKW komplett mit Pumpe Verrohrung usw.  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW el</th> <th>Strom-KZ</th> <th>kW th</th> <th>Kosten</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>0,50</td><td>10</td><td>34200</td><td>3428</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,51</td><td>59</td><td>87438</td><td>1481</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,51</td><td>97</td><td>104880</td><td>1078</td></tr> <tr><td>100</td><td>0,53</td><td>189</td><td>139878</td><td>739</td></tr> <tr><td>200</td><td>0,56</td><td>359</td><td>198132</td><td>552</td></tr> <tr><td>300</td><td>0,59</td><td>512</td><td>233130</td><td>455</td></tr> <tr><td>400</td><td>0,61</td><td>651</td><td>262314</td><td>403</td></tr> </tbody> </table> <p>Quelle: EWU 2004 BKI: 1,14</p> <p>Nettopreise: Faktor 11545 Exponent -0,5177</p>	kW el	Strom-KZ	kW th	Kosten	Preis/kW	5	0,50	10	34200	3428	30	0,51	59	87438	1481	50	0,51	97	104880	1078	100	0,53	189	139878	739	200	0,56	359	198132	552	300	0,59	512	233130	455	400	0,61	651	262314	403	
kW el	Strom-KZ	kW th	Kosten	Preis/kW																																							
5	0,50	10	34200	3428																																							
30	0,51	59	87438	1481																																							
50	0,51	97	104880	1078																																							
100	0,53	189	139878	739																																							
200	0,56	359	198132	552																																							
300	0,59	512	233130	455																																							
400	0,61	651	262314	403																																							
brutto	Faktor 16486 €/kW Exponent -0,5177 Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																										
22)	Öl-BHKW komplett mit Pumpe Verrohrung usw.  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW el</th> <th>Strom-KZ</th> <th>kW th</th> <th>Kosten</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>0,50</td><td>10</td><td>42750</td><td>4285</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,51</td><td>59</td><td>109297,5</td><td>1852</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,51</td><td>97</td><td>131100</td><td>1348</td></tr> <tr><td>100</td><td>0,53</td><td>189</td><td>174847,5</td><td>924</td></tr> <tr><td>200</td><td>0,56</td><td>359</td><td>247665</td><td>690</td></tr> <tr><td>300</td><td>0,59</td><td>512</td><td>291412,5</td><td>569</td></tr> <tr><td>400</td><td>0,61</td><td>651</td><td>327892,5</td><td>503</td></tr> </tbody> </table> <p>Annahme 25 % teurer als Gas BKI: 1,00</p> <p>Nettopreise: Faktor 14431 Exponent -0,5177</p>	kW el	Strom-KZ	kW th	Kosten	Preis/kW	5	0,50	10	42750	4285	30	0,51	59	109297,5	1852	50	0,51	97	131100	1348	100	0,53	189	174847,5	924	200	0,56	359	247665	690	300	0,59	512	291412,5	569	400	0,61	651	327892,5	503	
kW el	Strom-KZ	kW th	Kosten	Preis/kW																																							
5	0,50	10	42750	4285																																							
30	0,51	59	109297,5	1852																																							
50	0,51	97	131100	1348																																							
100	0,53	189	174847,5	924																																							
200	0,56	359	247665	690																																							
300	0,59	512	291412,5	569																																							
400	0,61	651	327892,5	503																																							
brutto	Faktor 20607 €/kW Exponent -0,5177 Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																										
23)	Erdreichwärmepumpe komplett mit Pumpe Verrohrung usw.  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Kosten Gerät</th> <th>Anschluss usw.</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>5700</td><td>1500</td><td>7200</td><td>1440</td></tr> <tr><td>11</td><td>7068</td><td>2500</td><td>9568</td><td>869,8181818</td></tr> <tr><td>22</td><td>11172</td><td>3500</td><td>14672</td><td>666,9090909</td></tr> <tr><td>33</td><td>14136</td><td>4500</td><td>18636</td><td>564,7272727</td></tr> <tr><td>81</td><td>31578</td><td>5500</td><td>37078</td><td>457,7530864</td></tr> </tbody> </table> <p>Quelle: EWU 2004; eigene Schätzungen BKI: 1,14</p> <p>Nettopreise: Faktor 2504,8 Exponent -0,4085</p>	kW	Kosten Gerät	Anschluss usw.	Summe	Preis/kW	5	5700	1500	7200	1440	11	7068	2500	9568	869,8181818	22	11172	3500	14672	666,9090909	33	14136	4500	18636	564,7272727	81	31578	5500	37078	457,7530864											
kW	Kosten Gerät	Anschluss usw.	Summe	Preis/kW																																							
5	5700	1500	7200	1440																																							
11	7068	2500	9568	869,8181818																																							
22	11172	3500	14672	666,9090909																																							
33	14136	4500	18636	564,7272727																																							
81	31578	5500	37078	457,7530864																																							
brutto	Faktor 3577 €/kW Exponent -0,4085 Parameter thermische Leistung Funktionsabb. 100 kW bei 545 €/kW																																										
24)	Außenluftwärmepumpe komplett mit Pumpe Verrohrung usw.  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Kosten Gerät</th> <th>Anschluss usw.</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>8436</td><td>1500</td><td>9936</td><td>1987</td></tr> <tr><td>9</td><td>10374</td><td>2000</td><td>12374</td><td>1375</td></tr> <tr><td>12</td><td>11514</td><td>2500</td><td>14014</td><td>1168</td></tr> <tr><td>15</td><td>12312</td><td>3000</td><td>15312</td><td>1021</td></tr> <tr><td>41</td><td>24966</td><td>4500</td><td>29466</td><td>719</td></tr> </tbody> </table> <p>Quelle: EWU 2004; Mitsubishi, eigene Schätzungen BKI: 1,14</p> <p>Nettopreise: Faktor 3996 Exponent -0,4779</p>	kW	Kosten Gerät	Anschluss usw.	Summe	Preis/kW	5	8436	1500	9936	1987	9	10374	2000	12374	1375	12	11514	2500	14014	1168	15	12312	3000	15312	1021	41	24966	4500	29466	719											
kW	Kosten Gerät	Anschluss usw.	Summe	Preis/kW																																							
5	8436	1500	9936	1987																																							
9	10374	2000	12374	1375																																							
12	11514	2500	14014	1168																																							
15	12312	3000	15312	1021																																							
41	24966	4500	29466	719																																							
brutto	Faktor 5706 €/kW Exponent -0,4779 Parameter thermische Leistung Funktionsabb. 50 kW bei 880 €/kW																																										
25)	Erdsondenverlegung bis zum Heizraum  je kW	<p>feuchter, sandiger Boden 20 W/m<sup>2</sup> Kollektorlänge bei PE 32x2,9 f 1,5 m/m<sup>2</sup> Kosten 900 € + 10 €/m x L</p> <p>Quelle: www.erdwaerme.baden-wuerttemberg.de BKI: 1,0</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Summe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>4650</td></tr> <tr><td>10</td><td>8400</td></tr> <tr><td>25</td><td>19650</td></tr> <tr><td>50</td><td>38400</td></tr> <tr><td>100</td><td>75900</td></tr> </tbody> </table> <p>Bruttopreise: Steigung 750 Achse 900</p>	kW	Summe	5	4650	10	8400	25	19650	50	38400	100	75900																													
kW	Summe																																										
5	4650																																										
10	8400																																										
25	19650																																										
50	38400																																										
100	75900																																										
brutto	Steigung 900,0 €/kW Achse 1080,0 € Parameter thermische Leistung Funktionsabb. nein																																										
26)	Pelletsessel komplett mit Pumpe Verrohrung usw.  je kW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>kW</th> <th>Summe</th> <th>Preis/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>14172</td><td>1417</td></tr> <tr><td>20</td><td>17179</td><td>859</td></tr> <tr><td>30</td><td>18680</td><td>623</td></tr> <tr><td>40</td><td>19950</td><td>499</td></tr> <tr><td>50</td><td>22011</td><td>440</td></tr> <tr><td>60</td><td>25815</td><td>430</td></tr> <tr><td>70</td><td>32284</td><td>461</td></tr> </tbody> </table> <p>Quelle: MAP, RPB BKI: 1,14</p> <p>Quelle: MAP 2008 (22-100 kW)</p> <p>Erzeuger 8263 Peripherie 2941 Montage 2195 Raumaustrag 1670 20 15069</p> <p>Bruttopreise! Faktor 5655,4 Exponent -0,6305</p>	kW	Summe	Preis/kW	10	14172	1417	20	17179	859	30	18680	623	40	19950	499	50	22011	440	60	25815	430	70	32284	461																	
kW	Summe	Preis/kW																																									
10	14172	1417																																									
20	17179	859																																									
30	18680	623																																									
40	19950	499																																									
50	22011	440																																									
60	25815	430																																									
70	32284	461																																									
brutto	Faktor 6786,48 €/kW Exponent -0,6305 Parameter thermische Leistung Funktionsabb. 100 kW bei 372 €/kW																																										

### 8.3 Quellen

[Krendel]	Krendel, Michael; "Untersuchung von Versorgungsalternativen für die Nahwärme mit Schwerpunkten: Dezentralisierung und Teilzentralisierung der Versorgung"; Bachelorarbeit an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Wolfenbüttel, August 2009.
[Brandes]	Brandes, Rene; "Untersuchung von Versorgungsalternativen für die Nahwärme mit Schwerpunkten: kalte/witterungsgeführte Nahwärme, Solarthermie, Elektroversorgung als Trinkwarmwassersysteme"; Bachelorarbeit an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Wolfenbüttel, Oktober 2009.
[Zeichner]	Zeichner, Bastian; "Untersuchung von Versorgungsalternativen für die Nahwärme mit Schwerpunkt: Erstellung einer Nahwärmenetzkarte"; Bachelorarbeit an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Wolfenbüttel, März 2010.
[Bericht 04: Gebäude]	Jagnow, Wolff et al; Bericht 04 "Gebäude" des Grundlagenprojektes Neuerkerode; erstellt im Rahmen des DBU-Projektes "Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes"; Wolfenbüttel; November 2008.
[Bericht 05: Nahwärme]	Jagnow, Wolff et al; Bericht 05 "Nahwärme" des Grundlagenprojektes Neuerkerode; erstellt im Rahmen des DBU-Projektes "Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes"; Wolfenbüttel; November 2008.
[Bericht 07: Elektroverbraucher]	Jagnow, Wolff et al; Bericht 07 "Elektroverbraucher" des Grundlagenprojektes Neuerkerode; erstellt im Rahmen des DBU-Projektes "Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes"; Wolfenbüttel; November 2008.
[Bericht Mediengrunddaten 2008]	Jagnow, Wolff; Bericht "Mediengrunddaten 2008"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 11.09.2009.
[Kurzbericht Solar]	Jagnow, Wolff, Li; Bericht "Voranalyse Solarthermie und Photovoltaik"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 06.10.2009.
[Kurzbericht Warmwasser]	Jagnow, Wolff, Zeichner; Bericht "Warmwasserleistungen und Zapfprofile"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 16.02.2010.
[Kurzbericht Netzkarte]	Jagnow, Wolff, Zeichner; Bericht "Nahwärmenetzkarten Neuerkerode"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 07.07.2010.
[Kurzbericht Kalte Nahwärme]	Jagnow, Wolff, Brandes, Krendel; Bericht "Untersuchungen zu kalter Nahwärme"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 29.12.2009.