

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

Bericht

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Abkopplung der Häuser Zoar, Emmaus und Villa Luise von der Fernwärmeverteilung

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

Datenstand: 18.07.13

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

B. Eng. Marius Mieke, Wolfenbüttel
Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Allgemeines	3
2	Vorhandene Daten	5
2.1	Verbrauchswerte und Auslegung der Wärmeerzeuger	5
2.2	Angebote	6
3	Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit	7
3.1	Energiebilanzierung	7
3.2	Wirtschaftlichkeit	8
3.3	Parametervariation	9
3.4	Ökologische Betrachtung	9
3.5	Zusätzliche Gesichtspunkte	10
4	Zusammenfassung der Ergebnisse	11
5	Anhang	12
5.1	Quellen	12
5.2	Separate Anhänge	12
5.3	EAV und Jahresdauerlinie Zoar	13
5.4	EAV und Jahresdauerlinie Emmaus und Villa Luise	14
5.5	Ergebnisse der Parametervariation	16

1 Einleitung

Im einführenden Kapitel wird ein Überblick über die Aufgabenstellung und die momentane Situation der Fernwärmeversorgung der Gebäude Zoar, Emmaus und Villa Luise gegeben.

1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, zu überprüfen, ob es wirtschaftliche und ökologische Gründe gibt, die Fernwärmeleitung zu den Häusern Zoar, Emmaus und Villa Luise zu trennen und die Häuser als Insellösungen zu betreiben.

Nach Voruntersuchungen und Rücksprache mit der Bauabteilung Neuerkerode kommen als Lösungen nur zwei BHKWs mit Spitzenlastkesseln in Frage. Die Fernwärmeleitung zwischen dem Haus Emmaus und Villa Luise soll dabei Bestand haben. Das Haus Zoar wird alleine versorgt.

Auf Basis der heutigen Energieverbräuche, aktuellen Preise für Medienkosten und mehrerer Angebote werden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erstellt. Der Betrachtungen liegt folgende Sichtweise zugrunde: durch die künftige dezentrale Erzeugung von Wärme kann ein gewisser Teil an Fernwärmebezug der Gebäude eingespart werden. Dieser verdrängte Anteil wird derzeit durch die Verbrennung von Gas in der Heizzentrale erzeugt.

1.2 Allgemeines

Die Gebäude Zoar, Emmaus und Villa Luise liegen südlich der Landstraße L625 und sind zusammen mit den Kaiserwaldhäusern über den Strang südlich des Hauses Elm mit dem Nahwärmenetz verbunden. Da diese Gebäude außerhalb des Kerngebietes des Dorfes liegen, wurde bereits in früheren Berichten ("Künftiges Wärmeversorgungskonzept" [1]) untersucht, ob dieser Strang von der Nahwärme abgetrennt werden soll. Im zitierten Bericht wird eine Abkopplung empfohlen.

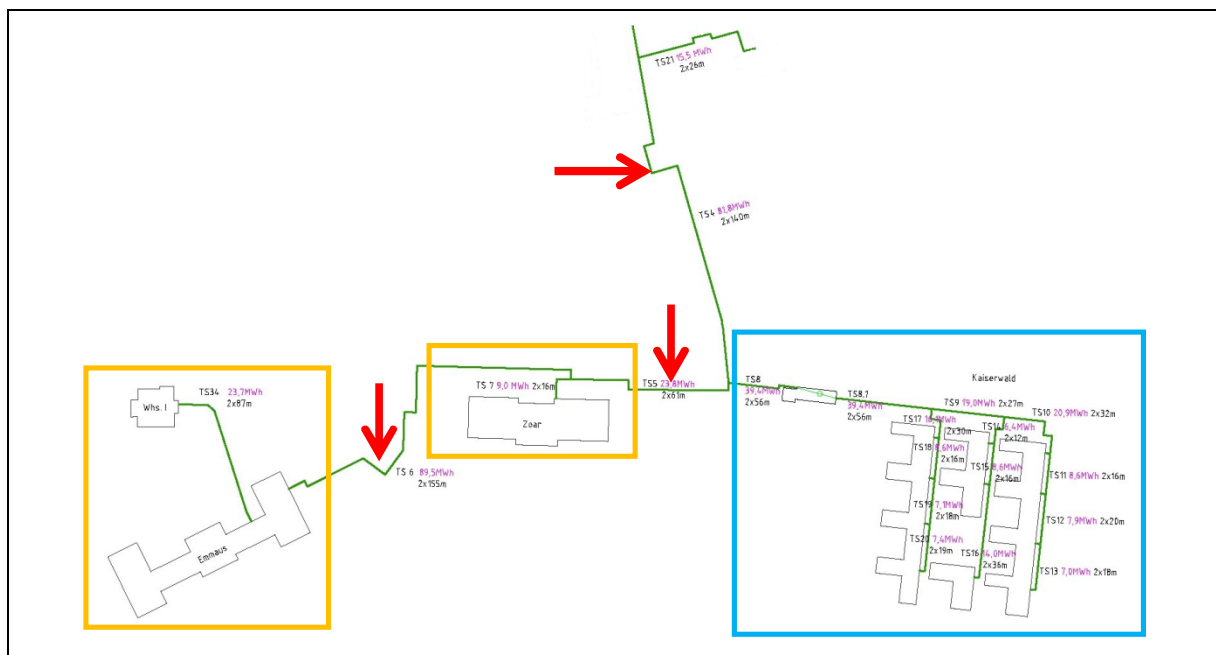


Abbildung 1: Nahwärmenetzkarte; Ausschnitt südlich L625

Abbildung 1 zeigt den Ausschnitt der Nahwärmenetzkarte Neuerkerode. Die orange markierten Felder zeigen die geplante Inselbildung der Gebäude. Die mit roten Pfeilen markierten Leitungsabschnitte entfallen durch eine dezentrale Energieversorgung. Sie werden bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung den Gebäuden Zoar, Emmaus und Villa Luise zugeschrieben, da eine Abtrennung der Kaiserwaldhäuser (blau) bereits beschlossen ist.

Die Leitungsabschnitte im blauen Feld entfallen durch die Dezentralisierung der Kaiserwaldhäuser ebenfalls, werden aber nicht weiter betrachtet.

2 Vorhandene Daten

In Kapitel 2 werden kurz die zur Verfügung stehenden Daten erläutert. Diese umfassen die Energieverbräuche der einzelnen Häuser, die Nahwärmeverlustberechnungen und diverse Angebote und Kostenschätzungen. Weitere Informationen wurden den Unterlagen der ESN entnommen.

2.1 Verbrauchswerte und Auslegung der Wärmeerzeuger

Die Verbrauchswerte der letzten drei Jahre der Wärmemengenzähler der einzelnen Gebäude wurden mittels Witterungskorrektur bereinigt. Zudem wurden Energieanalysen aus dem Verbrauchswerten erstellt, um die Heiz- und Grundlast der Gebäude zu ermitteln. Diese Erkenntnisse werden zur Auslegung der Wärmeerzeuger genutzt.

Folgende Ergebnisse haben sich dabei ergeben:

	Fläche in m ²	Witterungskorrigierter Verbrauch (für 3 Perioden) in MWh/a
Emmaus	2.993,60	674,8
Villa Luise	349,20	30,5
Zoar	2.789,00	461,1

Tabelle 1: witterungskorrigierte Verbräuche

	Emmaus	Villa Luise	Emmaus + Villa Luise	Zoar
Grundleistung in kW	17,21	0,00	17,21	21,29
Steigung in kW/K	-5,70	-0,38	-6,08	-3,10
Heizlast in kW	193,68	15,23	208,91	105,43
Spitzenlastkessel in kW			230	120

Tabelle 2: Heizlast und Grundlast

Für die Auslegung der BHKWs wurde jeweils die Grundlast des Gebäudes (hervorgehoben durch den Warmwasserbedarf, Verteilverluste und Zirkulationsbedarf) ermittelt.

Beide Gebäude haben eine Grundlast von jeweils ca. 20 kW. Um möglichst lange Laufzeiten des BHKWs zu erzielen, sollte das BHKW diese thermische Leistung nicht allzu sehr überschreiten. Da die Villa Luise mit dezentralen elektrischen Warmwasserbereitern ausgestattet ist, kann dieser Leitungsabschnitt im Sommer abgestellt werden und hat demzufolge keine Grundlast. Die Betrachtung zum Gebäude "Villa Luise" und seiner Wärmeversorgung ist in einem separaten Bericht erfolgt [7].

Die Auslegung der Spitzenlastkessel erfolgte mittels Steigung der E-A-V und wurde mit einem Sicherheitsfaktor von 1,1 belegt und auf ganze Zehnerstellen aufgerundet.

In Anhang, Kapitel 5.3 und 5.4, finden sich die Grundlagen (Energieanalyse und Jahresdauerlinien) der BHKW-Planung für die beiden neuen Heizzentralen.

Diese Daten wurden so an Fa. Tschiskale GmbH weitergeleitet, die nach Durchsicht der Berechnungen und Begehung der Gebäude zwei Angebote für diese Häuser erstellt hat.

2.2 Angebote

Anhand der im vorherigen Kapitel dargestellten Daten wurden Angebote für die drei Gebäude erarbeitet. Folgende Angebote wurden für die Anlagentechnik der Wärmeerzeuger und zusätzlich notwendige Baumaßnahmen eingeholt:

Unternehmen	Art	Kosten
EON	Gasanschluss	5.295,50
Tschiskale	TGA Zoar	132.269,75
Tschiskale	TGA Emmaus	146.547,37
Heynen Feuerfest	Schornstein freimachen	1.079,33
Kostenschätzung	Abgasanlage	10.000,00
Summe		295.191,95

Tabelle 3: Angebote Umbau

Insgesamt fallen für den Umbau der drei Gebäude Kosten in Höhe von **ca. 295.000 €** an. Für die Abgasanlage der beiden Gebäude liegt bisher kein Angebot vor. Die Kosten wurden mittels Kostenschätzung ermittelt. Die Positionen der Angebote der technischen Gebäudeausstattung umfassen folgende Positionen:

- Planung und Montage der nachfolgenden Bauteile
- Inbetriebnahme der beiden Anlagen
- Zwei Brennwertkessel für die Spitzenlasten (314 kW/ 142kW)
- Zwei BHKWs (jeweils: 17 ... 30 kW thermisch / 15 kW elektrisch)
- Pufferspeicher, Pumpen, Schaltschränke und die notwendigen Leitungen zur hydraulischen Einbindung in das vorhandene Heizungsnetz

Im nachfolgenden Kapitel werden diese hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Relevanz untersucht.

3 Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit

Das folgende Kapitel beschreibt die Wirtschaftlichkeit und die ökologischen Gesichtspunkte einer Realisierung der bereits erläuterten Maßnahmen.

3.1 Energiebilanzierung

Grundlage der Betrachtung sind der Mediengrunddatenbericht 2011 [4], die Verbrauchsdaten der letzten drei Jahre und verschiedene Parameter (z.B. Laufzeiten und Nutzungsgrade des Netzes und der Erzeuger). Die verwendeten Parameter entstammen den bisherigen Auswertungen des DBU-Projektes, Datenblätter der technischen Anlagen und verschiedenen Angeboten.

Das Modernisierungsszenario (in Tabelle 4 und folgenden als "BHKW" gekennzeichnet) wird in diesem Kapitel mit dem Bestand verglichen. Der Bestand bezieht sich auf die Versorgung der Gebäude mit Fernwärme.

Da die in das Neuerkeröder Netz eingespeiste Biowärmemenge konstant bleibt bzw. sich zukünftig erhöht, wird durch eine Abkopplung von Gebäuden Erdgas substituiert. Durch die Erhöhung des Biowärmeanteils ist es mittlerweile möglich, im Sommer eine Wärmeversorgung (bis auf die morgendlichen Trinkwarmwasserspitzen) nur durch Biowärme sicherzustellen. Teilweise übersteigt das Biowärmeangebot den Bedarf und der Rückkühler der Biogasanlage wird zur Wärmevernichtung zugeschaltet. Aufgrund dieser Problematik werden Alternativen untersucht, um die Biowärme vollständig zu nutzen.

Da eine Abtrennung des Stranges nur im Ganzen sinnvoll ist, wird die Wirtschaftlichkeit für das Gesamtprojekt überprüft. Die nachfolgenden Tabellen fassen daher die beiden neuen Heizzentralen (Zoar, Emmaus + Villa Luise) im Vergleich zur Bestandssituation zusammen.

Aus den witterungskorrigierten Verbrauchsdaten der Gebäude, den Nahwärmenetzverlusten und den Erzeugerverlusten ergeben sich folgende energetische Daten:

		Bestand	BHKW	Einheit
Wärmebedarf der drei Gebäude		1.186,3	1.186,3	MWh/a
Nahwärmenetzverluste		176,5	-	MWh/a
Wärmebedarf Gebäude inkl. Nahwärmenetzverluste		1.362,8	1.186,3	MWh/a
Strombedarf der Gebäude		216,5	216,5	MWh/a
Gasbedarf	zentral eingesetzt	1.605,3	-	MWh/a
	dezentral eingesetzt	-	1.534,8	MWh/a
Strombedarf/-erzeugung	Erzeugung	-	195,0	MWh/a
	Bezug aus dem Netz	216,5	21,5	MWh/a

Tabelle 4: Energetische Daten

Das wichtigste Fazit lautet: **der Gasbedarf der beiden neuen lokal angeordneten Heizzentralen mit BHKW ist geringer als der anteilig berechnete Gasbedarf des Kesselhauses und das bei gleichzeitiger Produktion von Strom.**

Die Jahresdauerlinien (siehe Anhang 5.3 und 5.4) der beiden Heizzentralen ergeben BHKW-Laufzeiten von jeweils über 8000 Stunden im Jahr. Selbst bei einer konservativ angenommenen Laufzeit von 6500 Betriebsstunden der BHKWs werden 195 MWh/a Strom erzeugt, so dass rechnerisch für die beiden Gebäude nur noch 21,5 MWh/a Strom zugekauft werden müssen. Der durch das BHKW erzeugte Strom kann vollständig im Netz in der Stiftung genutzt werden. Somit wird kein Strom in die Mittelspannungsebene zurückgespeist.

3.2 Wirtschaftlichkeit

Zur Berechnung der jährlichen Jahreskosten wurden folgende Randdaten ermittelt oder festgelegt:

- Kapitalzins: 3 %/a
- Betrachtungszeitraum: 10 a
- Vollwartungskostensatz: 3 ct/kWh_{el}
- KWK-Förderung: 5,41 ct/kWh
- Erdgassteuerrückerstattung: 0,55 Ct/kWh
- Energiepreissteigerung: 5 %/a

Der Betrachtungszeitraum wurde auf 10 Jahre festgelegt, da die KWK-Förderung auf 10 Jahre ausgelegt ist. Die Vollwartungskosten wurden anhand einer Kostenfunktion mit Hilfe der Literatur bestimmt [5]. Der dort beschriebene Ansatz führt zu folgendem Wert:

- spez. Vollwartungskosten = $5,88 \cdot \text{elektrische Leistung}^{-0,27} = 2,35 \text{ Ct/kWh}_{el}$

Vollwartungskosten enthalten alle Wartungs-, Reparaturarbeiten, Ersatzteile, Betriebsstoffe (außer Brennstoff), die für die BHKW-Anlage benötigt werden. Als konservativer Ansatz wurden deutlich aufgerundet und 3 Ct/kWh_{el} gewählt.

Anhand der Kostenfunktion für Nahwärmeleitungen im bebauten Gebiet wurde die Erneuerung der Leitung südlich des Hauses Elm abgeschätzt. Für die nächsten 10 Jahre wird abgeschätzt, dass ca. 20% der Leitungen erneuert werden müssen. Diese Abschätzung deckt sich mit früheren Berechnungen zur Fernwärmeleitung. Diese Kosten sind für die Variante "Bestand" als Investitionen bzw. Kapitalkosten berücksichtigt. Für den Bestand wurden zunächst keine weiteren Wartungskosten der Wärmeerzeuger angesetzt.

Mit einer Energiepreissteigerung von 5 %/a und einem Betrachtungszeitraum von 10 a ergeben sich nach LEG-Verfahren folgende mittlere Medienpreise:

- Erdgas: 77,00 €/MWh
- Strom: 217,95 €/MWh

Anhand der erläuterten Daten können die Jahreskosten für die nächsten 10 Jahre ermittelt werden. Die Berechnungsgänge können anhand der Excel-Datei [9] nachvollzogen werden. Tabelle 5 stellt die Jahreskosten der verschiedenen Kostenarten gegenüber.

		Bestand	BHKW	Einheit
Investition		47.259,56	295.191,95	€
Kapitaldienst (Zins und Tilgung)		5.540,26	34.605,50	€/a
Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Unterhalt		-	5.850,00	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten (Energie)	Gas	123.606,56	118.178,08	€/a
	Strom	47.186,07	4.685,91	€/a
Steuer- und Stromvergütung		-	-14.124,50	€/a
Summe Jahreskosten		176.332,89	149.194,99	€/a

Tabelle 5: Jahreskosten

Durch den erhöhten Erdgasverbrauch sind die verbrauchsgebundenen Kosten im Bestand höher als nach dem Umbau. Durch den Umbau werden unter Berücksichtigung der Kapital- und Wartungskosten **ca. 27.000 €/a eingespart**. Die Anschaffungen amortisieren sich nach ca. 8 Jahren.

3.3 Parametervariation

Bezogen auf die in Kapitel 3.2 beschriebene Grundvariante ist festzuhalten, dass:

- die Wirtschaftlichkeit besser würde, wenn die abgeschätzten Vollbenutzungsstunden des BHKW von mehr als 8000 Stunden berücksichtigt würden,
- die Wirtschaftlichkeit schlechter wird, wenn keine Steuer- und Stromvergütung gezahlt würde,
- die Wirtschaftlichkeit schlechter wird, wenn im Bestand keine Teileerneuerung der Nahwärmeleitungen stattfinden müsste.,

Für den Fall, dass keine Vergütung bezahlt und keine Fernwärmeleitungen erneuert werden müssen, beträgt der Vorteil der dezentralen BHKWs gegenüber dem Bestand immer noch ca. 13.000 €/a.

Parametervariation

Dem Bericht sind zusätzlich 12 Dateien mit einer Parametervariation der Wirtschaftlichkeitsbewertung beigelegt [11]. Variiert wurden:

- heutiger und künftiger Energiebedarf der beiden neuen Heizzentralen, incl. Berücksichtigung der künftig verminderten Vollbenutzungsstunden der BHKWs
- geringer (=heutiger), mittlerer und hoher Energiepreis für Gas und Strom
- geringer, mittlerer, hoher Ansatz für die BHKW-Wartung
- geringe, mittlere und hohe Einspeisevergütung und Netznutzungsentgelte

Anhang 5.5 liefert die Ergebnisse in Form von 3 Übersichten. Fazit ist:

- (a) der wirtschaftliche Vorteil der dezentralen Lösung mit BHKW nimmt zu, wenn der Bedarf der Gebäude sinkt. Dies begründet sich durch die entfallenen Nahwärmenetzverluste, die immer unsinniger werden, je weniger Wärme benötigt wird.
- (b) der wirtschaftliche Vorteil der dezentralen Lösung mit BHKW nimmt ab, wenn die Energiekosten steigen, weil die Vergütung (Erdgassteuerrückerstattung, KWK-Förderung) dies nur bedingt auffängt.

3.4 Ökologische Betrachtung

Für die zuvor genannte Alternative und den Bestand sollen die CO₂-Emissionen ermittelt werden. Hierfür wurden die direkten und indirekten CO₂-Äquivalente des Mediengrunddatenberichtes 2011 [4] und LfU [3] verwendet:

- Strom: 0,616 kg/kWh
- Erdgas: 0,254 kg/kWh (brennwertbezogen)

CO ₂ -Emissionen in t/a	Bestand	BHKW	zum Vergleich: Gesamt NE
Strom	133,4	13,2	1.333,0
Erdgas	407,7	389,8	2.014,5
Gesamt	541,1	403,1	3.347,5

Tabelle 6: CO₂-Emissionen

In Tabelle 6 sind die CO₂-Emissionen des Bestandes und der Modernisierung dargestellt, die aus den Verbräuchen für Strom und Erdgas errechnet wurden. Deutlich zu erkennen ist, dass der Bestand mit ca. 540 t/a deutlich schlechter ist als eine Lösung mit Kraft-Wärme-Kopplung in den Gebäuden Zoar, Emmaus und Villa Luise.

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, ist die Betrachtung, dass lediglich Erdgas verdrängt wird, maßgeblich. Deshalb ist es aus ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll, die Gebäude von der Nahwärme zu trennen. Zusätzlich würde durch die Abkopplung der Gesamtanteil der Biowärme an der Nahwärme im Restgebiet steigen.

3.5 Zusätzliche Gesichtspunkte

Hier sollen kurz weitere Aspekte genannt werden, die zur Entscheidungsfindung beitragen können:

- Durch eine Abkopplung der Kaiserwaldhäuser wird die Abnahmedichte des Stranges südlich der L625 zukünftig verringert, was die Verteilverluste prozentual erhöht.
- Durch die Einsparung von Gas in der Zentrale wird der Anteil der Biowärme im gesamten Netz größer und somit verringert sich der Nahwärmepreis.
- Durch Anpassung der Angebote könnten Investitionskosten reduziert werden.
 - Bislang wurden Hersteller und Typ der Kessel und BHKWs vorgegeben. Ein zweites Angebot beinhaltet diese Vorgabe nicht, was zur ggf. Reduzierung der Investitionskosten führt.
- Um den tatsächlichen Erfolg zu garantieren, sollte eine erfolgsabhängige Honorierung erfolgen, wie diese bereits bei der Optimierung des Kesselhauses vereinbart wurde.
- Durch die Abtrennung verringert sich die Grundlast des Netzes der ESN; eine vollständige Deckung der Grundlast im Sommer durch die Biowärme ist denkbar bzw. anzustreben.
- Falls es zur vollständigen Deckung der Wärmeenergie in den Sommermonaten durch die Biowärme kommt, ist es theoretisch möglich die Kessel abzuschalten und die Bereitschaftsverluste einzusparen.
 - Bei einer mittleren Kesselwassertemperatur betragen die Bereitschaftsverluste der Kessel rund 0,35 %. Bei einer Abschaltung der Kessel für drei Monate ergeben sich ca. 60 MWh/a Einsparung.
- Durch eine Abkopplung der Villa Luise könnten weitere Energiekosten eingespart werden. Alleine der Betrieb der Fernwärmeleitung in der Heizperiode (6000 h/a) mit Verlusten von 13,6 MWh/a verursacht Kosten von rund 925 €/a. Die Aussagen des Kurzberichtes "Untersuchung der Wärmeversorgung der Villa Luise" bezüglich einer Abtrennung haben Bestand [7].

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die betrachtete alternative Versorgung der Gebäude Zoar, Emmaus und Villa Luise sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch sinnvoll ist.

Durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung entfallen die hohen Verteilverluste von 176 MWh/a des abnahmeschwachen Gebietes.

Durch den Verkauf der Kaiserwaldhäuser wird dieser Effekt verstärkt und ist in den Berechnungen bereits berücksichtigt. Falls sich doch gegen eine Abtrennung der Kaiserwaldhäuser entschieden werden sollte, sind die Ergebnisse dieses Berichtes zu überarbeiten.

Durch die dezentrale Nutzung von Erdgas können sowohl die Jahreskosten um 27.000 €/a auf ca. 126.000 €/a und die CO₂-Emissionen um 140 t/a auf ca. 400 t/a gesenkt werden.

Zusätzlich werden die Kessel in der Zentrale weiter entlastet und eine Deckung der Grundlast im Sommer durch die Biowärme ist kurzfristig vorstellbar.

5 Anhang

5.1 Quellen

- [1] Wolff, D. / Jagnow K.; "Künftiges Wärmeversorgungskonzept"; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; August 2010
- [2] Zeichner, B. / Wolff, D. / Jagnow K.; "Nahwärmenetzkarte Neuerkerode"; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; Juli 2010
- [3] LfU: Bayrisches Landesamt für Umwelt; Internetseite:
http://www.izu.bayern.de/praxis/detail_praxis.php?pid=0203010100217; Stand: 05.03.2013
- [4] Wolff, D. / Jagnow K. / Miehe, M.; "Mediengrunddaten 2011" ; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; Mai 2012
- [5] ASUE; "BHKW Kenndaten 2005"; Mai 2005
- [6] Buderus; "Gesamtkatalog Heizung- und Klimatechnik Ausgabe 87/1"; Wetzlar; Erscheinungsjahr 1987
- [7] Miehe, M. / Wolff, D. / Jagnow K.; "Untersuchung der Wärmeversorgung der Villa Luise"; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; Januar 2012.

5.2 Separate Anhänge

Als Exceltabellen liegen vor:

- [8] E-A-V der Gebäude
- [9] Angebote Fa. Tschiskale GmbH, Fa. Stratie, Fa. EON, Fa. Heynen Feuerfest
- [10] Excel-Datei "Wärmeverbräuche Zoar/Emmaus/Villa Luise" beinhaltet Aufstellung der Energieverbräuche, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Angebotsauflistung für die Grundvariante
- [11] Excel-Dateien zur Parametervariation (12 Einzeldateien mit modifizierten Energiebedarfen und Preisen, 3 Übersichten)

5.3 EAV und Jahresdauerlinie Zoar

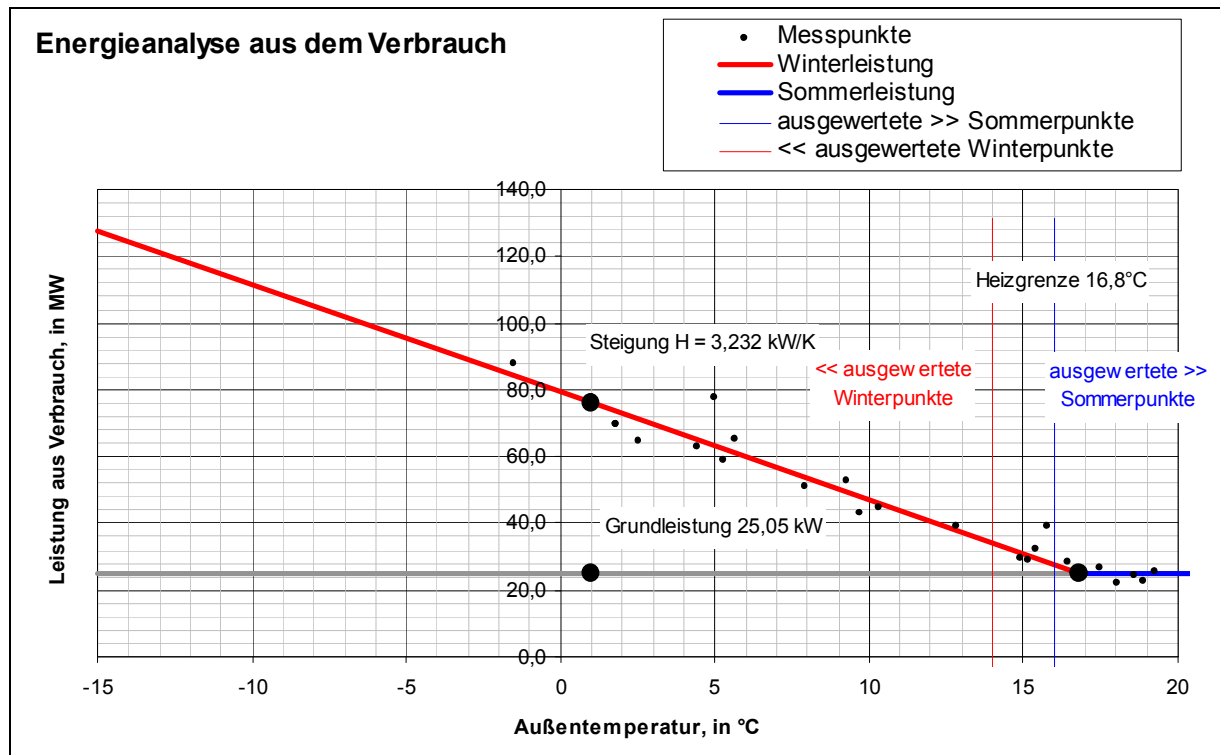


Bild 1 EAV für Jahresdauerlinie, Zoar, Datenbasis 1.1.11 bis 1.1.13

Projekt	Zoar			
Stromverbrauch	107647	kWh/a	BHKW-Daten	
	107647	kWh/a	25,0 kW max thermisch	
	107647	kWh/a	20,0 kW min thermisch	
Heizungsverbrauch aus EAV				
Sockelleistung:	25,0	kW	Maximalleistung	
Steigung:	-3,23	kW/K	134 kW	
Heizgrenze:	16,8	°C		
Ergebnisse:	8760	Vollbenutzungsstunden		
	8760	Stunden in Volllast		
	0	Stunden in Teillast		
	0	Stunden taktend mit Minimalleistung		
	8760	Betriebsstunden		
Energiedaten:	219000	Wärme aus BHKW	50%	BHKW-Anteil
	217348	Wärme aus Kessel	50%	Kessel-Anteil
	436348	Wärme gesamt		
	109500	Strom aus BHKW	102%	Strom-Deckung

Bild 2 Randdaten und Auswertung der Jahresdauerlinie, Zoar

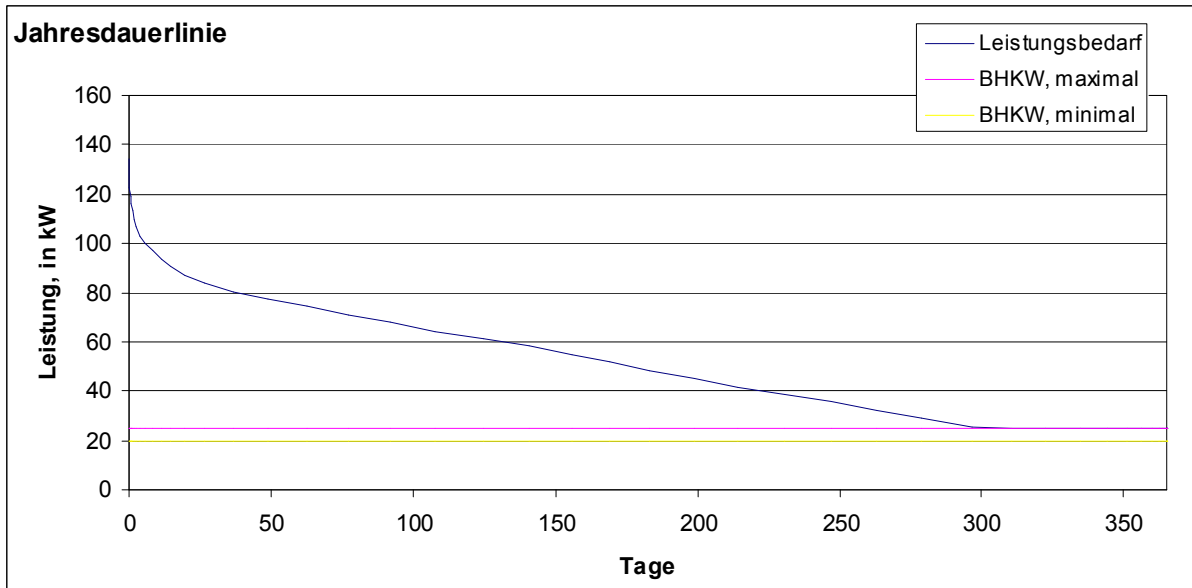


Bild 3 Jahresdauerlinie, Zoar

5.4 EAV und Jahresdauerlinie Emmaus und Villa Luise

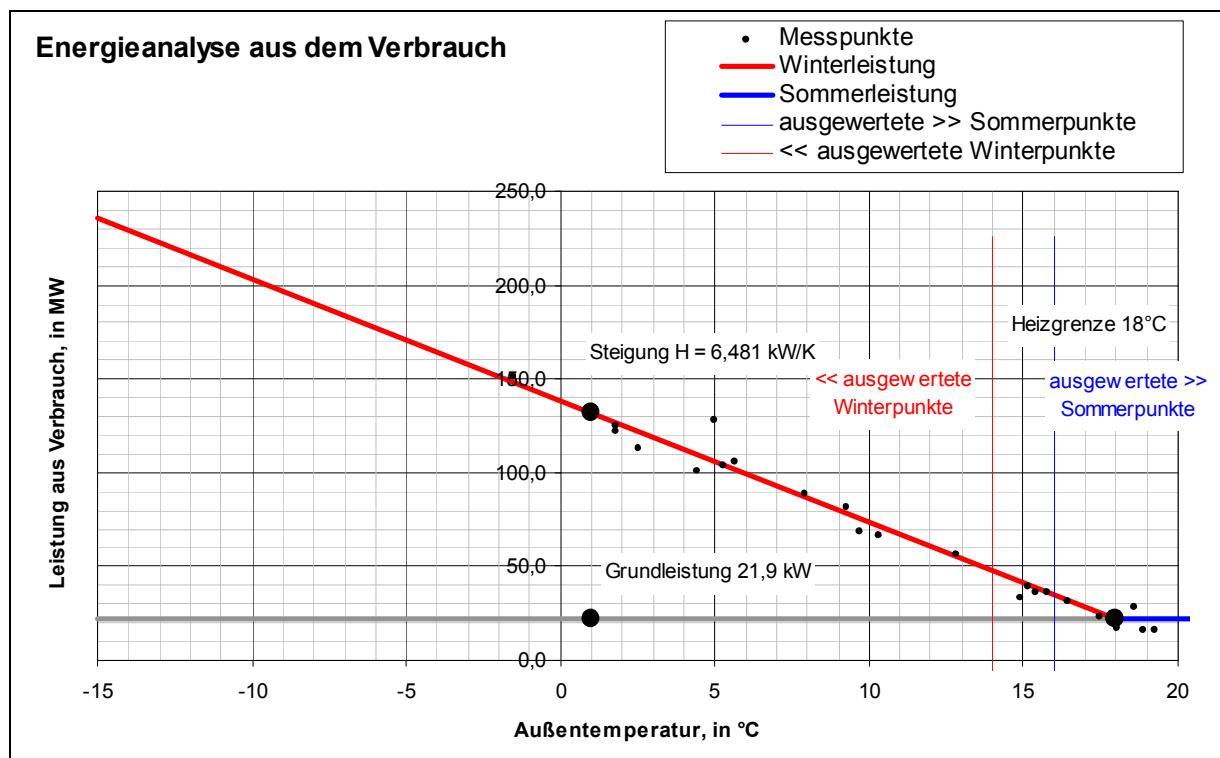


Bild 4 EAV für Jahresdauerlinie, Emmaus und Villa Luise, Datenbasis 1.1.11 bis 1.1.13

Projekt	Emmaus/VillaLuise			
Stromverbrauch	106857	kWh/a	BHKW-Daten	
	35289	kWh/a	35,0	kW max thermisch
	142146	kWh/a	25,0	kW min thermisch
			0,50	Stromkennzahl
Heizungsverbrauch aus EAV				
	Sockelleistung:	21,9	kW	Maximalleistung
	Steigung:	-6,48	kW/K	248
	Heizgrenze:	18,0	°C	kW
Ergebnisse:				
	8125	Vollbenutzungsstunden		
	6697	Stunden in Volllast		
	414	Stunden in Teillast		
	1482	Stunden taktend mit Minimalleistung		
	8593	Betriebsstunden		
Energiedaten:				
	284384	Wärme aus BHKW	42%	BHKW-Anteil
	397838	Wärme aus Kessel	58%	Kessel-Anteil
	682222	Wärme gesamt		
	142192	Strom aus BHKW	100%	Strom-Deckung

Bild 5 Randdaten und Auswertung der Jahresdauerlinie, Emmaus und Villa Luise

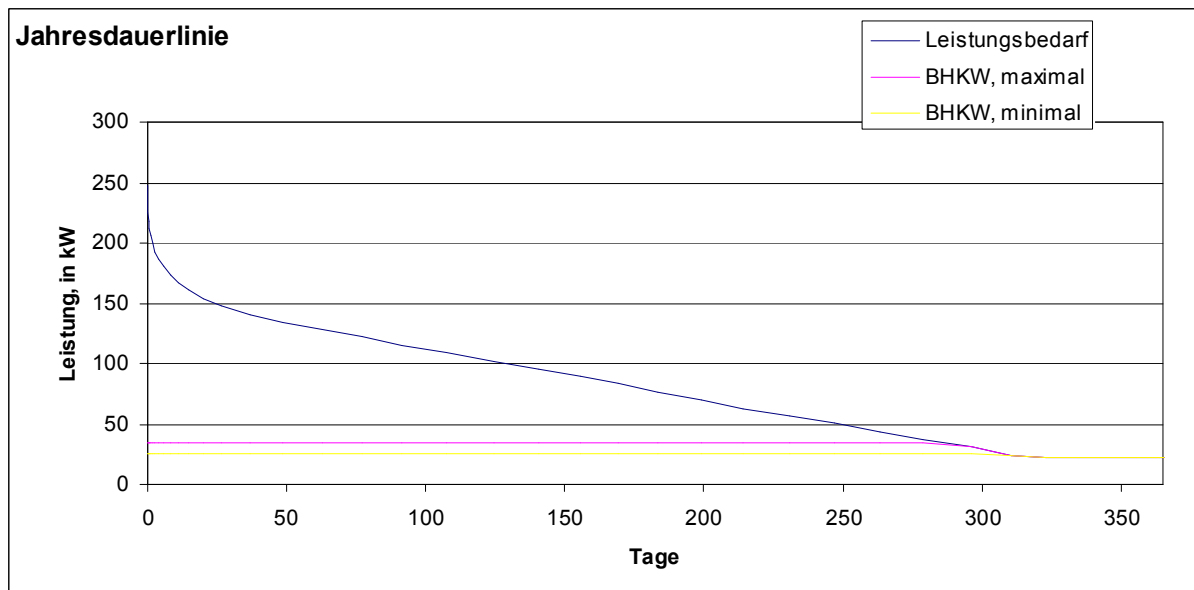


Bild 6 Jahresdauerlinie, Emmaus und Villa Luise

5.5 Ergebnisse der Parametervariation

Gesamtkostenbilanz, in T€			heutiger Bedarf	künftiger Bedarf	
			705	353	Wärme, in MWh/a
			123	123	Strom, in MWh/a
	Gas, Ct/kWh	Strom, Ct/kWh			
heutige Energiepreise	4,70	15,53	-7,0	-4,1	
mittlere Energiepreise	7,04	23,30	-1,0	3,3	
künftige Energiepreise	9,39	31,06	4,7	10,4	

Bild 7 Parametervariation Wirtschaftlichkeitsbewertung, Emmaus + Villa Luise

Gesamtkostenbilanz, in T€			heutiger Bedarf	künftiger Bedarf	
			461	300	Wärme, in MWh/a
			104	93	Strom, in MWh/a
	Gas, Ct/kWh	Strom, Ct/kWh			
heutige Energiepreise	4,70	15,53	-8,6	-14,3	
mittlere Energiepreise	7,04	23,30	-4,3	-12,8	
künftige Energiepreise	9,39	31,06	-0,3	-11,7	

Bild 8 Parametervariation Wirtschaftlichkeitsbewertung, Zoar

Gesamtkostenbilanz, in T€			heutiger Bedarf	künftiger Bedarf	
			1.166	652	Wärme, in MWh/a
			227	216	Strom, in MWh/a
	Gas, Ct/kWh	Strom, Ct/kWh			
heutige Energiepreise	4,70	15,53	-15,6	-18,3	
mittlere Energiepreise	7,04	23,30	-5,3	-9,5	
künftige Energiepreise	9,39	31,06	4,4	-1,3	

Bild 9 Parametervariation Wirtschaftlichkeitsbewertung, Emmaus + Villa Luise und Zoar