

Stadt Rendsburg

Integriertes Wärmenutzungskonzept

für das Stadtumbaugebiet "Neuwerk-West (ehem. Eiderkaserne) / Stadtpark"

erstellt für die

Stadtverwaltung Rendsburg
Fachbereich III Bau und Umwelt
Am Gymnasium 4
24768 Rendsburg

durch die

IPP ESN Power Engineering GmbH
Rendsburger Landstraße 196 - 198
24113 Kiel

Tel. 0431/649598-0

Fax 0431/9649598-98

eMail: info@ipp-esn.de

<http://www.ipp-kiel.de>

16. April 2010
94.161.002.000

Gefördert durch:



INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	4
2. MOTIVE FÜR EINE ÖKOLOGISCHE WÄRMEVERSORGUNG	4
2.1 DAS ERNEUERBARE-ENERGIEN-WÄRMEGESETZ (EEWÄRMEG).....	5
2.2 KfW FÖRDERMITTEL	6
3. GRUNDLAGEN	7
3.1 GRUNDLAGEN ZUR BEDARFSERMITTLUNG	7
3.2 STANDORT HEIZZENTRALE.....	7
3.3 ERMITTLUNG DER WÄRMEBEDARFE	8
3.4 STRUKTUR DER WÄRMEBEDARFE	9
3.4.1 Netz Eiderkaserne - Bedarfsstruktur	9
3.4.2 Gesamtnetz Neuwerk-West - Bedarfsstruktur.....	10
4. TECHNISCHE VARIANTEN.....	11
4.1 BLOCKHEIZKRAFTWERKE (BHKW)	11
4.2 HOLZFEUERUNGEN.....	12
4.3 GEOTHERMIEANLAGEN	14
4.4 SOLARTHERMIE	15
5. AUSLEGUNG UND BILANZEN (ZENTRALE VERSORGUNGSVARIANTEN)	16
5.1 VARIANTE BHKW	17
5.2 VARIANTE HOLZFEUERUNG	18
5.3 VARIANTE GEOTHERMIE	20
6. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN.....	22
6.1 INVESTITIONEN.....	23
6.1.1 Variante BHKW (Erdgas/Bioerdgas).....	24
6.1.2 Variante Holzpellet	25
6.1.3 Variante Hackschnitzel	26
6.2 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE	27
6.3 JÄHRLICHE WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN	28
6.3.1 Wärmegestehungskosten BHKW	29
6.3.1.1 BHKW mit Erdgas	29
6.3.1.2 BHKW mit Bioerdgas.....	30
6.3.2 Biomassekessel.....	31
6.3.2.1 Holzpelletfeuerung.....	31
6.3.2.2 Holz hackschnitzelfeuerung	32
6.3.4 Zusammenfassung der Wärmegestehungskosten.....	33
7. SENSITIVITÄTSANALYSEN	34
7.1 SENSITIVITÄTSANALYSEN ERDGAS BHKW	34
7.1 SENSITIVITÄTSANALYSEN BIOERDGAS BHKW	38
7.2 SENSITIVITÄTSANALYSEN HOLZPELLETFEUERUNG	42
7.3 SENSITIVITÄTSANALYSEN HOLZHACKSCHNITZELFEUERUNG	45
7.4 ZUSAMMENFASSUNG SENSITIVITÄTSANALYSEN	48
8. ANLEGBARE KOSTEN (DEZENTRALE ANLAGEN).....	49
8.1 GASKESSELANLAGE MIT SOLARUNTERSTÜTZUNG.....	50
8.2 PELLETHEIZUNG.....	51
8.3 WÄRMEPUMPE	52
8.4 ZUSAMMENFASSUNG DER ANLEGBAREN KOSTEN	53
9. CO₂-BILANZEN	54

10. ZUSATZBETRACHTUNG SOLARUNTERSTÜTZUNG.....	55
11. PHOTOVOLTAIK	59
12. BETREIBERMODELL	60
13 UNTERSUCHUNGEN ZUR OPTIMIERUNG DER EFFIZIENZSTEIGERUNG.....	61
13.1 SYSTEMATIK DER MAßNAHMENKATALOGE	62
13.3 HOHES UND NIEDERES ARSENAL	63
13.3 HERDERSCHULE.....	64
13.4 GRUND- U. GEMEINSCHAFTSSCHULE ALTSTADT	65
13.4 KITA „STADTPARK“	66
14. ZUSAMMENFASSUNG UND WEITERE VORGEHENSWEISE.....	67
ANHANG A	70
ANHANG B	73
ANHANG C	77
ANHANG D	83

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Stadt Rendsburg hat im Rahmen eines Masterplans zur zivilen Nachnutzung der ehemaligen Eiderkaserne ein Teilkonzept zum Klimaschutz entsprechend der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Klimaschutzinitiative“ des BMU in Auftrag gegeben, um die lokalen Potenziale zur Emissionsminderung zu ermitteln und durch geeignete Maßnahmen zu erschließen.

In dem vorliegenden integrierten Wärmenutzungskonzept für das Stadtumbaugebiet „Neuwerk-West (ehem. Eiderkaserne)/ Stadtpark“ wurden Energieversorgungsvarianten unter ökologischen, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht und dargestellt. Um möglichst günstige Primärenergiefaktoren (Förderung/Finanzierung KfW 70/85) zu erhalten wurde in den Untersuchungen ein Schwerpunkt auf die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die Nutzung von nachwachsenden Energieträgern (Bioerdgas, Holz), erneuerbaren Energien wie Erdwärme (Geothermie, Wärmepumpen) und die Nutzung der Solarenergie (Wärme) gelegt.

Neben der klimapolitischen Zielsetzung wurden auch untersucht ob marktgerechte Wärmekosten/-preise durch eine Steigerung der Energieeffizienz und der Nutzung regenerativer Energiequellen zu erwarten sind.

2. Motive für eine ökologische Wärmeversorgung

Zu Zeiten der globalen Klimaerwärmung ist der Klimaschutz in aller Munde. Mit einer Wärmeversorgung aus regenerativen Energien, ist ein deutlicher Beitrag zum Klimaschutz (**CO₂-Minderungen**) möglich. Neben den ideellen Werten und dem guten Willen aller Akteure, gibt es vom Gesetzgeber mit dem **EEWärmeG** gewisse Rahmenbedingungen, die erfüllt werden müssen.

Des Weiteren sind die Fördermöglichkeiten der KfW-Bank ein wesentliches Kriterium/Bedingung für die Realisierung einer umweltfreundlichen Energieversorgung und energiesparendes Bauen.

Da zukünftige Förderbedingungen und gesetzliche Vorgaben nicht vorherzusehen sind, basieren alle diesbezüglichen Ansätze auf dem heutigen Stand.

2.1 Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Im § 1 des EEWärmeG heißt es

„Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“

Nach dieser sehr allgemeinen Einleitung ist für das Stadtumbaugebiet „Neuwerk-West“ vor Allem der § 3 von Bedeutung, welcher zusammengefasst aussagt, das Eigentümer von neu errichteten Gebäuden (hier Wohngebäuden) den Wärmeenergiebedarf durch die anteilige **Nutzung** von **Erneuerbaren Energien** decken **müssen**.

Die zu erfüllenden Forderungen des EEWärmeG sind:

- solare Strahlungswärme: mindestens 15 %,
- oder
- gasförmige Biomasse (Bioerdgas): mindestens 30%,
- oder
- gasförmige Biomasse (aufbereitetes Bioerdgas): mindestens 50%,
- oder
- feste Biomasse (Holzpellets, -hackschnitzel): mindestens 50%,
- oder
- Abwärmenutzung aus KWK-Anlagen (BHKW): mindestens 50%,
- oder
- Nutzung von Geothermie (Wärmepumpen): mindestens 50%.

Bei der Ausarbeitung des Konzeptes wurden diese Rahmenbedingungen berücksichtigt. Auf Grund der gesetzlichen Vorgaben wurde somit keine Variante mit einer reinen Versorgung durch erdgasgefeuerten Kessel betrachtet.

2.2 KfW Fördermittel

Die nachfolgend aufgezeigten Förderungen stammen aus dem Programm „Energieeffizient Bauen“ und die in diesem Zusammenhang geförderten KfW-Energie-Effizienzhäuser. Die KfW-Bank nennt dies im genauen eine Finanzierung des energetisch hochwertigen Neubaus von Wohngebäuden im Rahmen des "CO₂-Gebäudesanierungsprogramms des Bundes".

Das Förderprogramm dient der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung der Errichtung, der Herstellung oder des Ersterwerbs von KfW-Effizienzhäusern. Der Zinssatz wird in den ersten 10 Jahren der Kreditlaufzeit aus Bundesmitteln verbilligt.

Geförderte KfW-Effizienzhäuser müssen eines der nachfolgend erläuterten energetischen Niveaus erreichen. Zum Nachweis des energetischen Niveaus sind der Jahres-**Primärenergiebedarf Q_p** und der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene **Transmissionswärmeverlust H'_T** zu ermitteln.

- **KfW-Effizienzhaus 85:** Es darf der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) von 85% und der Transmissionswärmeverlust (H'_T) von 100% der errechneten Werte für das Referenzgebäude nach Energieeinspar-Verordnung (EnEV) nicht überschritten werden.
- **KfW-Effizienzhaus 70:** Es darf der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) von 70% und der Transmissionswärmeverlust (H'_T) von 85% der errechneten Werte für das EnEV Referenzgebäude nicht überschritten werden.

Durch eine Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien, wie in diesem Konzept angestrebt, lässt sich der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) beeinflussen. Die Reduzierung des Transmissionswärmeverlust (H'_T) ist bauseitig (zusätzlich) zu erfüllen.

Der Jahres-Primärenergiebedarf lässt sich vereinfacht so bestimmen, dass der Nutzenergiebedarf mit dem Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung multipliziert wird. Für die verschiedenen Energieträger schreibt die EnEV folgende Primärenergiefaktoren vor:

Energieträger		Primärenergiefaktoren
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	2,6

Für Fernwärmenetze kann der Primärenergiefaktor auch detailliert berechnet werden und sich u.U. als günstiger erweisen.

3. Grundlagen

3.1 Grundlagen zur Bedarfsermittlung

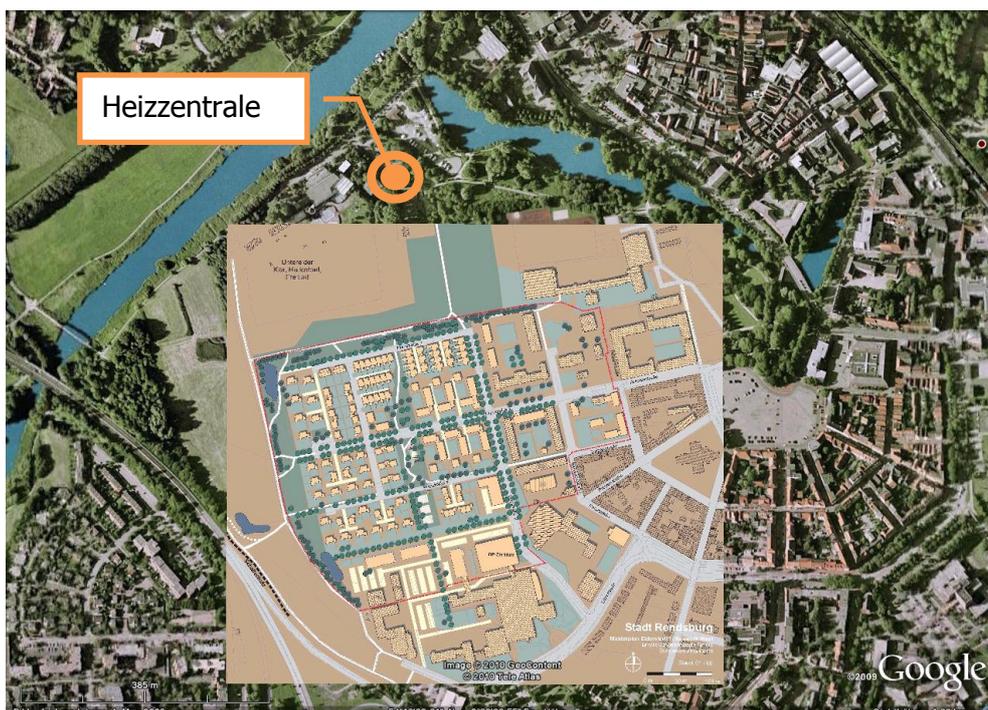
In dem zu erschließenden Gebiet sind ein Teil der zu versorgenden Gebäude **Neubauten**. Um einen Wärmebedarf für diese Verbraucher zu bestimmen kann nach heutigem Stand der Technik nur die **EnEV 2009** zu Grunde gelegt werden.

Der andere Teil der Gebäude sind sanierte **Bestandsgebäude**. Für diese Gebäude wurde ein aus Erfahrungswerten generierter Ansatz genutzt.

3.2 Standort Heizzentrale

Zur Realisierung einer zentralen Wärmeversorgung bedarf es eines Standortes zur Errichtung und Betrieb einer Heizzentrale. Ein günstiger Standort sollte möglichst im „Wärmeschwerpunkt“ eines Versorgungsgebietes liegen. Leider lässt sich eine derartige Forderung (insbesondere im Zentrum eines Wohngebietes) nicht immer erfüllen.

Im vorliegenden Konzept wurde zusätzlich zu der reinen Erschließung des ehemaligen Kasernengeländes auch eine Versorgung des umliegenden Gebietes betrachtet, im folgenden „Gesamtnetz Neuwerk-West“ genannt. Das umliegende Gebiet rund um die ehemalige Eiderkaserne wird bereits mittels eines Fernwärmenetzes vom Schwimmzentrum aus versorgt. Für beide untersuchten Gebiete wird als Standort einer zentralen Wärmeversorgung der Bereich des Schwimmzentrums vorgesehen. Der Vorteil dieses Standortes ist durch die vorhandene Erzeugungstechnik einerseits (Akzeptanz) und der vorhandenen Infrastruktur (Zuwegung) andererseits begründet.



3.3 Ermittlung der Wärmebedarfe

Als Grundlage für den Wärmebedarf der neuen/sanierten Gebäude wurden die Verbräuche analog zur „EnEV 2009“ ermittelt. Für die Bestandsgebäude wurde aus Erfahrungswerten ein Ansatz generiert.

Für das Bestandsnetz, welches unter Anderem das örtliche Schwimmbad, sowie das Arsenal und die Herderschule versorgt, liegen die Verbräuche der vergangenen drei Jahre vor. Aus diesen Daten kann ein Gesamtbedarf für das Gebiet in und um die Eiderkaserne mit einer ausreichenden Genauigkeit abgeleitet werden.

Ansätze:	Art der möglichen Nutzung	BGF m ²	spezifischer Wärmebedarf		absoluter Wärmebedarf kWh/a	JVBS h	Wärmebedarf Leistung [kW]
			W/m ²	kWh/m ² a			
Bestehendes Fernwärmenetz	Schwimmbad, Arsenal, Herderschule etc.			Netz	8.125.000	2200	3693
				Nutz	7.554.520		
zu erhaltende Gebäude							
Gebäude 1	Erweiterung Museum: Druckerei-Archiv, Lager, Werkstatt	540	70	80	45.400	1200	38
Gebäude 3	Erweiterung Gymnasien	4.000	70	90	364.000	1300	280
Gebäude 4	Umbau zu Altenpflegeheim	4.700	70	170	789.600	2400	329
Gebäude 5	Schulkantine	1.300	70	100	127.400	1400	91
Gebäude 9	Bürräume	550	70	120	65.500	1700	39
Gebäude 13	Nutzung offen	1.700	70	80	142.800	1200	119
Gebäude 14	Therapiezentrum (Physiotherapie, Logopädie etc.)	1.500	70	100	147.000	1400	105
Gebäude 17	Erweiterung Museum	900	70	80	75.600	1200	63
Gebäude 19	private Nutzung	270	70	90	24.600	1300	19
Gebäude 20	Erweiterung Gymnasien	1.200	70	80	100.800	1200	84
Gebäude 21	Erweiterung Gymnasien	350	70	80	29.400	1200	25
Gebäude 22	Erweiterung Gymnasien	1.400	70	80	117.600	1200	98
Neubau							
Evangelische Wohnhilfe	Wohngebäude für betreutes Wohnen	660	40	80	52.800	2000	26
Evangelische Wohnhilfe	Begegnungsstätte u. Wohnbereich	1.350	35	70	94.500	2000	47
Gebäude Musikschule	Musikschule	660	25	50	33.000	2000	17
Wohnprojekt Brücke	Büro und Fortbildung	1.240	28	55	68.200	2000	34
Seniorenwohnheim	Wohngebäude für betreutes Wohnen	1.200	33	80	96.000	2400	40
Einfamilienhäuser	Wohngebäude: ca. 70 EFH mit jeweils 150 m ² BGF	10.500	38	84	882.000	2200	401
Reihenhäuser	Wohngebäude: ca. 40 Reihenhäuser mit jeweils 150 m ² BGF	6.000	28	62	372.000	2200	169
Mehrfamilienhäuser	Wohngebäude: ca. 10 Mehrfamilienhäuser mit jeweils 1500 m ² BGF	15.000	24	53	795.000	2200	361

Nutzwärmebedarf Summe der Einzelanlagen ohne Gleichzeitigkeit		Einheit
Hausanschlüsse ca.	140	Stk.
Nutzwärmebedarf ca.	4.400	MWh _{Nutz} / Jahr
JVBS	2.000	Stunden / Jahr
Nutzleistungsbedarf ca.	2.200	kW

Netzwärmebedarf mit Gleichzeitigkeit und Netzverlusten		Einheit
FW-Trassenlänge ca.	4.425	m
Netzverluste (Ansatz)	20	W/m
JVBS Netz	8760	Stunden / Jahr
= => Netzverluste ca.	780	MWh/Jahr
Netzwärmebedarf	5.180	MWh _{Netz} / Jahr
JVBS	2.290	Stunden / Jahr
Netzwärmeleistung	2.260	kW

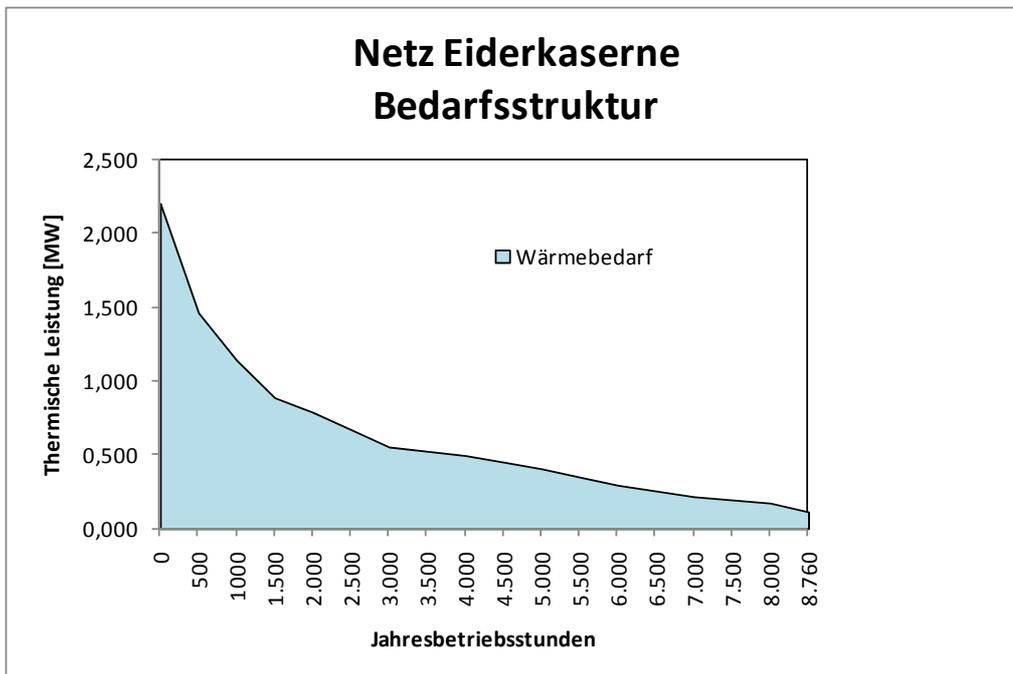
JVBS = Jahresvollbenutzungsstunden

Wärmebedarfe	Netz		Gesamtnetz	
	Eiderkaserne	Bestandsnetz	Neuwerk-West	
Nutzwärmebedarf	4.400	7.554	11.955	MWh / Jahr
Netzwärmebedarf	5.180	8.125	13.305	MWh / Jahr

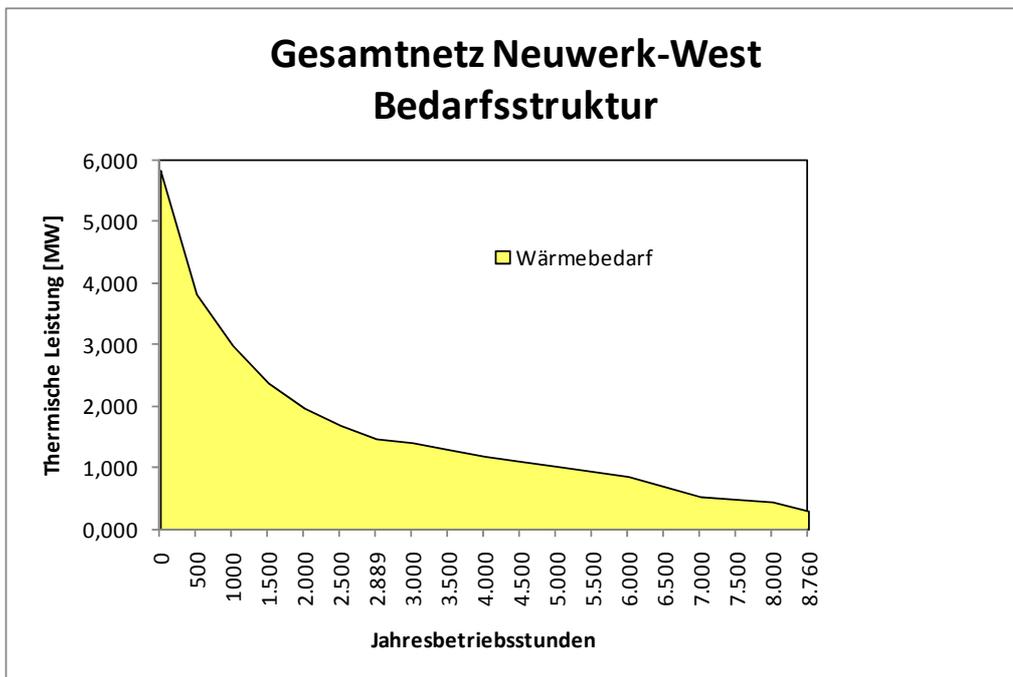
3.4 Struktur der Wärmebedarfe

In den folgenden Bildern sind die **Bedarfsstrukturen** des betrachteten Gebietes für die betrachteten Ausbauvarianten dargestellt. Für alle zentralen Betrachtungen wie z.B. Blockheizkraftwerke, Holzfeuerungen etc., ist die Struktur des Wärmebedarfes ein wichtiges Kriterium. Mit einer so genannten **Jahresdauerlinie** wird aufgezeigt wie sich der stündliche Wärmeleistungsbedarf eines Gebietes darstellt. Werden alle 8.760 **Stundenleistungsbedarfe** eines Jahres nach ihrer Größe sortiert so ergeben sich die nachfolgenden Grafiken.

3.4.1 Netz Eiderkaserne - Bedarfsstruktur



3.4.2 Gesamtnetz Neuwerk-West - Bedarfsstruktur



4. Technische Varianten

Um die Vor- und Nachteile der untersuchten Versorgungstechniken aufzuzeigen, werden diese im folgende erläutert.

4.1 Blockheizkraftwerke (BHKW)

Ein **Blockheizkraftwerk** ist eine Anlage zur Umwandlung von Primärenergie in Kraft (Strom) und Wärme. Sie wird vorzugsweise am Ort des Wärmeverbrauchs (verbrauchsnahe) betrieben. Ein **BHKW** setzt hierzu das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (**KWK**) ein. Der Strom wird hierbei durch einen Generator erzeugt, welcher durch einen Verbrennungsmotor angetrieben wird. Die Wärme wird mittels eines Wärmetauschers aus den Abgasen und den Kühlkreisläufen gewonnen.

Ein BHKW dient im Allgemeinen nur zur Grundlastabdeckung des Wärmebedarfs, ein Spitzenlastkessel ist daher zusätzlich erforderlich.

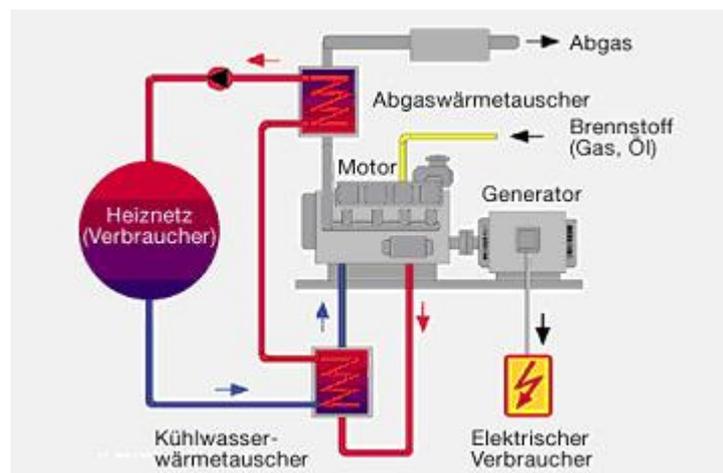


Abbildung 4.1-1: BHKW Schema

Wirtschaftliche Anreize für den Betrieb eines BHKW bieten sich je nach eingesetztem Brennstoff durch das Kraftwärmekopplungs-Gesetz (Erdgas) oder dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (Bioerdgas), welche die Vergütungen für den eingespeisten Strom vorgeben.

4.2 Holzfeuerungen

Bei Holzfeuerungsanlagen wird feste Biomasse in unterschiedlicher Form in Wärme umgewandelt. In der vorliegenden Betrachtung wurden 2 Varianten des Brennstoffes Holz untersucht. Zum einen wurde der Einsatz von Holzpellets und zum anderen der von Holz hackschnitzel betrachtet. Diese beiden (Verbrennungs-) Techniken sind auf den ersten Blick sehr ähnlich, unterscheiden sich aber im Detail. Holzpellets gibt es in unterschiedlichen Formen, am gängigsten ist der Standard DIN Plus. Es sind in Größe, Brennwert und Ascheanfall genormte kleine Einheiten, die aus gepressten Holzspänen bestehen. Die einheitliche Größe macht den Umgang mit dem Brennstoff sehr einfach und lässt die Verbrennungstechniken zuverlässig und relativ störungsunempfindlich arbeiten.



Abbildung 4.2-1: Holzpellets

Preislich liegen sie allerdings fast doppelt so hoch wie Holz hackschnitzel mit einem vergleichbaren Heizwert. Hackschnitzel ist zerkleinertes Holz (z.B. mit Schredder) und dient unter anderem als Brennstoff für Heizkraftwerke, Heizwerke sowie für kleinere Einzelheizungen ab einer Feuerungsleistung von ca. 100 kW. Durch ihre ungleiche Form haben Hackschnitzel ein ca. viermal so großes Volumen wie die gepressten Pellets. Weiterhin sind Brennwert, Wassergehalt und Ascheanteil nicht eindeutig festgelegt. Zusätzlich macht die Form/Größe der einzelnen Hackschnitzel eine automatisch beschickte Verbrennungsanlage wesentlich wartungs- und personalintensiver. Diese negativen Aspekte werden durch den günstigen Preis, der durch die einfache Herstellung zustande kommt, in der Regel wieder aufgewogen.



Abbildung 4.2-2: Holzhackschnitzel

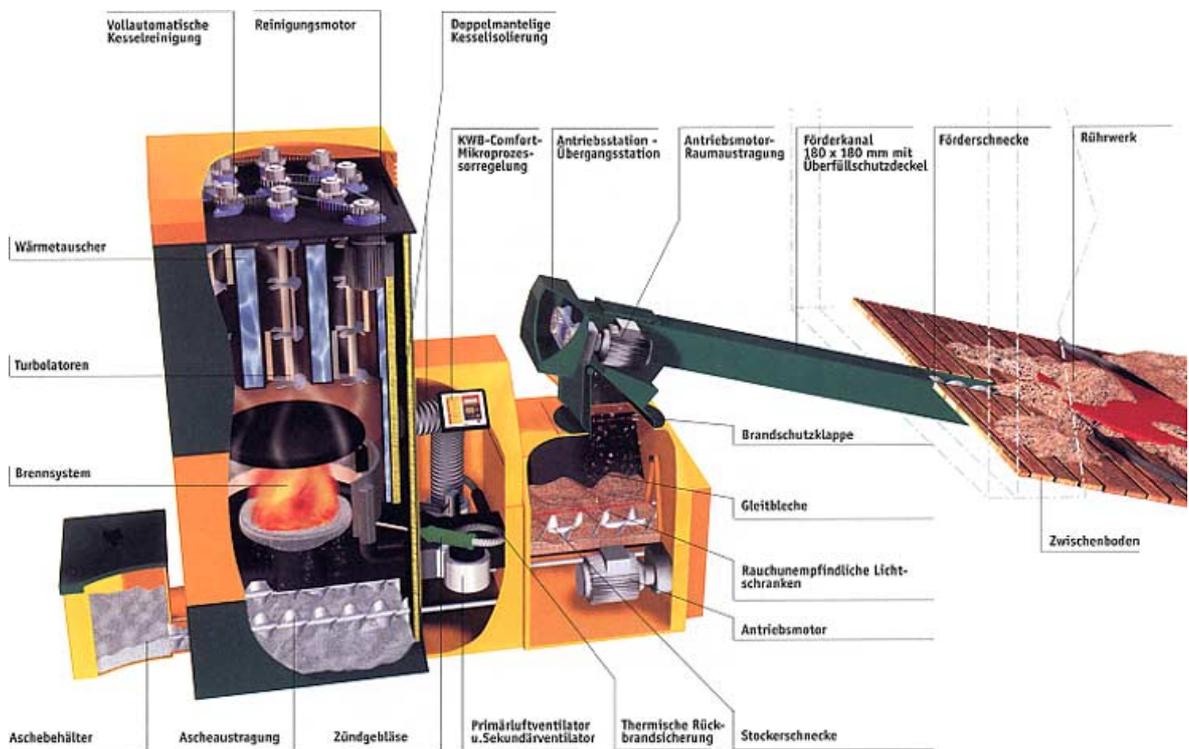


Abbildung 4.2-3: Schema einer automatisch beschickten Holzhackschnitzelfeuerung

4.3 Geothermieranlagen

Die Geothermie oder Erdwärme ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie umfasst die in der Erde gespeicherte (Wärme) Energie, soweit sie entzogen und genutzt werden kann, und zählt zu den **regenerativen Energien**. In diesem Konzept wird die Wärme aus Bohrungen mit einer Tiefe von ca. 100m, mittels Wärmepumpen, nutzbar gemacht. Bohrungen von größeren Tiefen, wie etwa 1.500 bis 4.000m sind in dem betrachteten Gebiet, Aufgrund des zu geringen Wärmebedarfes, selbst bei günstigen geologischen Randbedingungen wirtschaftlich nicht darstellbar.

Eine **Wärmepumpe** entzieht der Umgebung (in diesem Fall dem Erdreich) Umgebungswärme um sie mit Hilfe elektrischer Hilfsenergie auf ein nutzbares, höheres Temperaturniveau zu heben (pumpen). Diese Wärme kann dann zur **Brauchwassererwärmung** und/oder als **Heizwärme** genutzt zu werden.

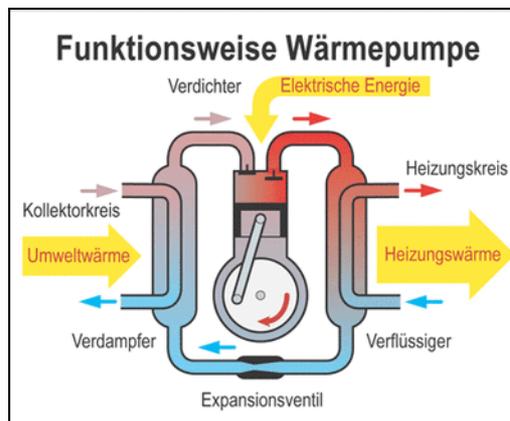


Abbildung 4.3-1: Schema Wärmepumpe

Bei modernen Anlagen ist das Verhältnis von eingesetzter elektrischer Energie zu gewonnener Wärmeenergie etwas besser als **1 zu 4**, also ein Teil Strom und 3 Teile Wärme aus der Umgebung.

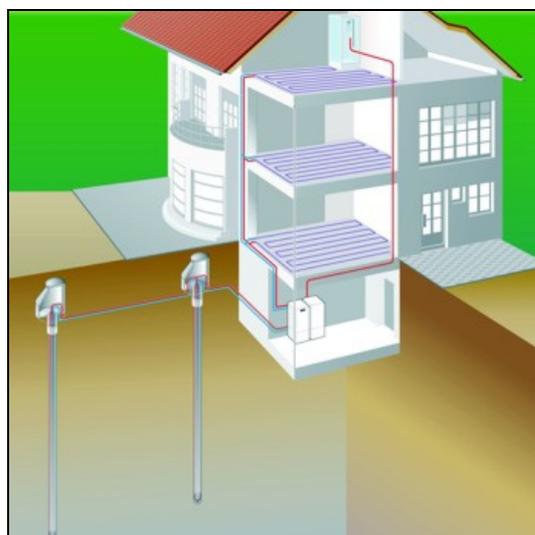


Abbildung 4.3-2: Wärmepumpe inkl. Erdwärmesonde

4.4 Solarthermie

Für die **dezentrale Wärmeversorgung** wird im Rahmen dieses Konzeptes auch eine kombinierte Versorgung aus **Gas-Brennwertkessel** und **Solarthermieanlage** untersucht. Solarthermie wird im privaten Bereich vorrangig im Rahmen der Brauchwassererwärmung sowie zur Gebäudeheizung und -klimatisierung genutzt. In Verbindung mit einer guten Wärmedämmung und der passiven Nutzung der solaren Einstrahlung vermindert sich der Bedarf an zusätzlicher Heizenergie bereits signifikant. Die oben genannte Kombination aus Solaranlage und Gasbrennwertkessel stellt momentan das **Minimum zur Erfüllung des EEWärmeG** dar, wenn es um die Nutzung von regenerativen Energien geht. Mit einem Anteil von ca. 15% Solarwärme lässt sich in etwa das **Referenzhaus der EnEV** beschreiben. Wenn Förderungen der KfW in Anspruch genommen werden sollen müssen diese Werte aber deutlich unterschritten werden.

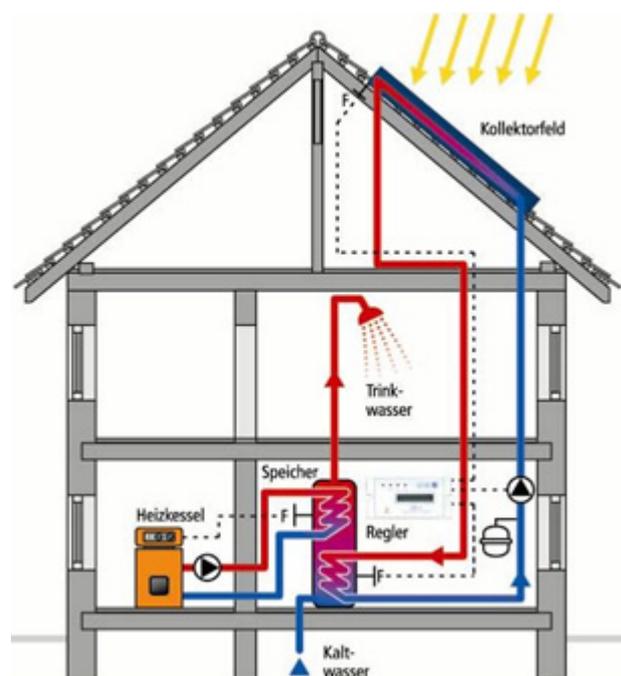


Abbildung 4.4-1: Schema Solarthermie mit Heizungsunterstützung

5. Auslegung und Bilanzen (zentrale Versorgungsvarianten)

Auf Basis der zuvor aufgezeigten Bedarfsstrukturen und der ermittelten Bedarfe erfolgte die Bilanzierung (Brennstoffbedarf, Wärme- und Stromerzeugung) für jede ausgewählte **zentrale** Versorgungstechnik.

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass im Bereich die Wohngebäude **keine zusätzlichen „regenerativen Energieträger/Techniken“** mehr erforderlich sind. Die Forderungen der EnEV und des EEWärmeG werden in der Zentrale erfüllt. In den folgenden Bildern werden die Bedarfsstrukturen und die vorgesehenen Techniken aufgezeigt.

Um eine hohe **Vollbenutzungsstundenzahl** der einzelnen Anlagen zu erreichen wurden die technischen Anlagen mit Hilfe der **Jahresdauerlinie** für eine **Grundlastdeckung** ausgelegt. Die Abdeckung der **Spitzenlastbedarfe** wird in allen Varianten durch zusätzliche Gaskessel sichergestellt.

In den folgenden Betrachtungen werden neben den Bilanzen auch die Jahresdauerlinien mit den eingesetzten Wärmeerzeugungstechniken dargestellt.

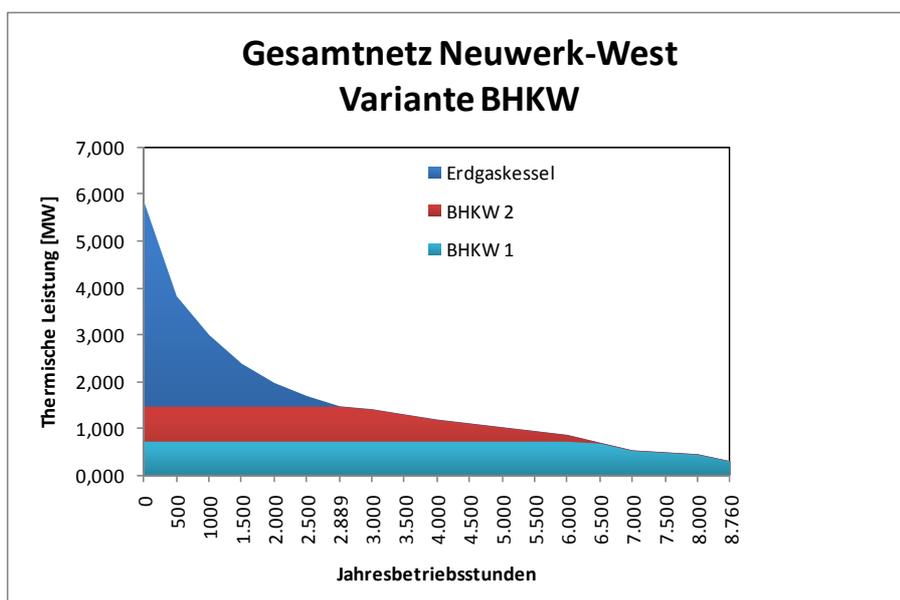
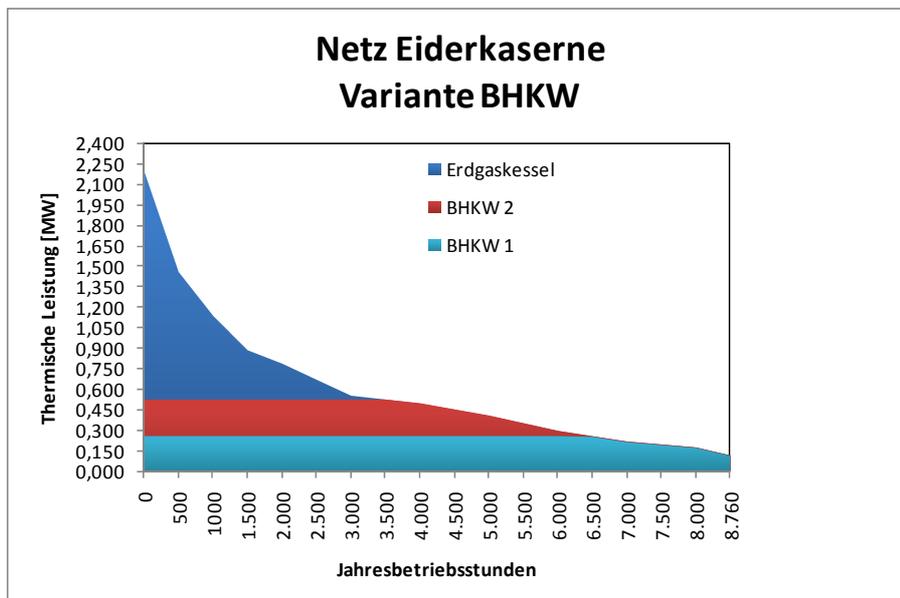
Das Hauptkriterium zur Beurteilung der Klimafreundlichkeit der Wärmeversorgung ist die Menge der **CO₂-Emissionen**, die bei der Wärmeerzeugung freigesetzt werden. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen der unterschiedlichen Wärmeerzeugungstechniken wurden folgende **Emissionsfaktoren** verwendet:

Energieträger	Emissionsfaktor [g CO ₂ / kWh]
Erdgas	202
Bioerdgas	0
Holzpellets	0
Holzhackschnitzel	0
Strom	628

5.1 Variante BHKW

In dieser Modellrechnung wird eine modulare Wärmeversorgung durch mehrere BHKW-Module in Verbindung mit Spitzenlastgaskessel untersucht. Um das Gebiet der ehemaligen Eiderkaserne zu versorgen werden zwei BHKW mit einer jeweiligen thermischen Leistung von ca. 260kW_{th} und eine zusätzliche Gas-Kesselleistung von ca. 2.200kW_{th} benötigt. Für das Gesamtnetz Neuwerk-West benötigt man zwei BHKW-Module mit jeweils ca. 735kW_{th} und eine zusätzliche Gas-Kesselleistung von ca. 5.800kW_{th}.

Mit dieser Versorgungsvariante kann ein Primärenergiefaktor zwischen 0,45 und 0,65 für die Erzeugung erreicht werden. Dieser Faktor hängt bei einer BHKW Versorgung stark von der erzeugten Strommenge und somit vom elektrischen Wirkungsgrad der Module ab.



		Variante 1 BHKW		
Bilanzen		Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	5.180	13.305	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca.	2.260	5.900	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	4.400	11.955	MWh _{Nutz} / Jahr
JVBS	ca.	2.290	2.260	Stunden / Jahr
BHKW				
Typ		2x 2G-KWK-200EG	2x JMS 312 GS-N.LC	
Elektrische Leistung	ca.	400	1.248	kW _{el}
Thermische Leistung	ca.	522	1.470	kW _{th}
Gesamtwirkungsgrad	ca.	83%	87%	
Brennstoffleistung	ca.	1.106	3.134	kW _{Hu}
JVBS gesamt	ca.	6.584	6.265	Std.
Gesamte erzeugte elektrische Arbeit		2.634	7.818	MWh _{el} /a
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.	3.437	9.209	MWh _{th} /a
Brennstoffbedarf	ca.	7.282	19.634	MWh _{Hu} /a
Kesselanlage				
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260	5.900	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	1.743	4.096	MWh/a
Eta Kesselanlage ca.	90%			
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	1.940	4.550	MWh _{Hu} /a
Gesamtanlage				
Gesamt Brennstoffbedarf Hu	ca.	9.222	24.184	MWh _{Hu} /a
Gesamt Brennstoffbedarf Ho/Hu Faktor =	1,1	10.140	26.600	MWh _{ho} /a
Primärenergiefaktor		0,69	0,46	
CO2-Bilanz				
CO2 Emission Brennstoff		1.863	4.885	t CO2 / Jahr
vermiedene CO2 Emission Stromerzeugung		1.654	4.910	t CO2 / Jahr
CO2-Bilanz Brennstoff Erdgas		209	-25	t CO2 / Jahr
CO2-Bilanz Brennstoff Bioerdgas		-1.262	-3.991	t CO2 / Jahr

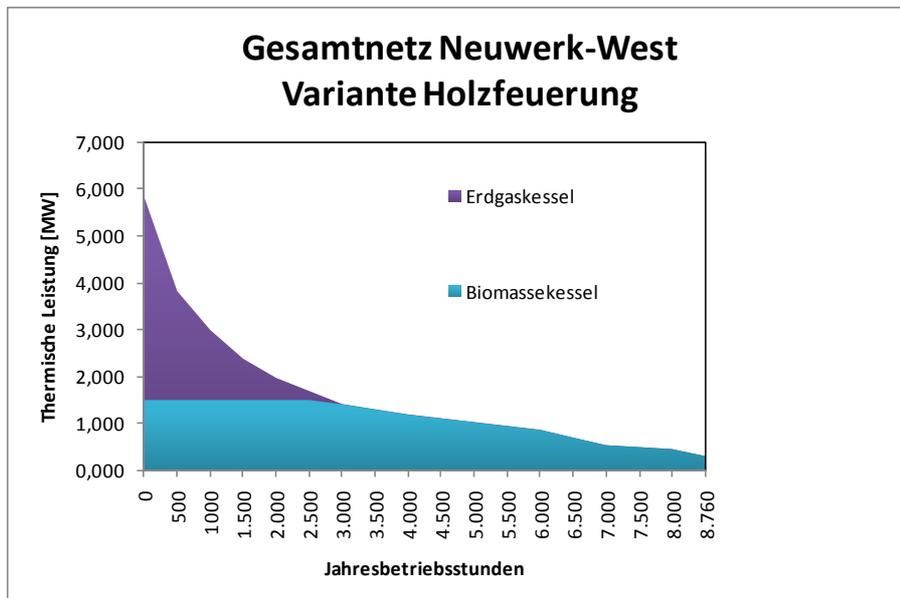
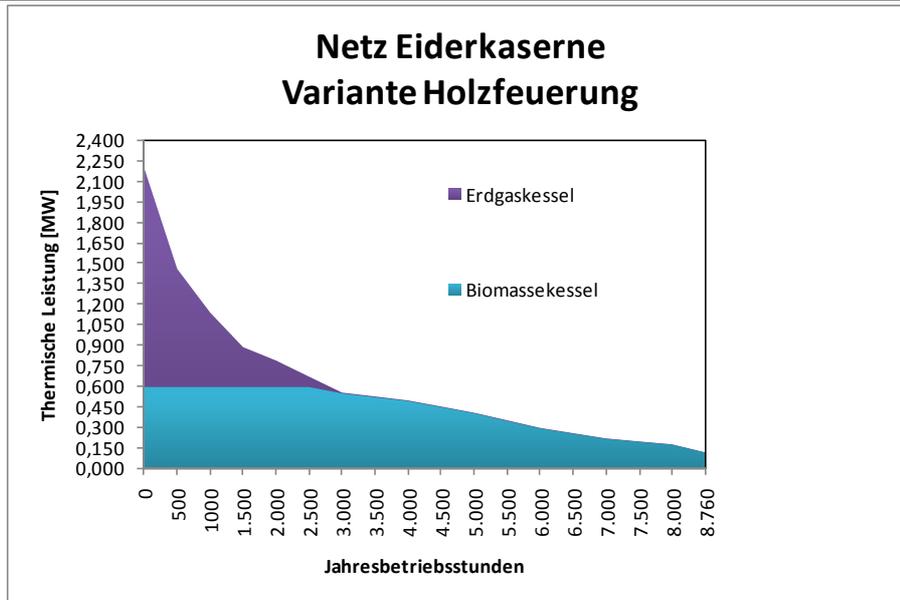
Tabelle 5.1-1: Bilanzen BHKW Variante

5.2 Variante Holzfeuerung

In der Versorgungsvariante mit einer Holzfeuerung (Pellet oder Hackschnitzel) ist im Ausbau der Region der **Eiderkaserne** ein **Biomassekessel** mit ca. **600 kW** im Einsatz. Bei dieser Variante bietet es sich an die Anzahl der Biomassekessel gering zu halten, da diese auf bis zu 20% ihrer Leistung herunter geregelt werden können ohne dass der Wirkungsgrad sich signifikant verschlechtert. Zusätzlich werden Wärmespeicher, die einen optimalen Betrieb ermöglichen, vorgesehen.

Für den Netzausbau im gesamten **Bereich Neuwerk-West** wird eine Holzfeuerungsleistung von ca. **1.500 kW** benötigt.

Mit diesen Versorgungsvarianten lassen sich Primärenergiefaktoren von unter 0,6 erreichen.



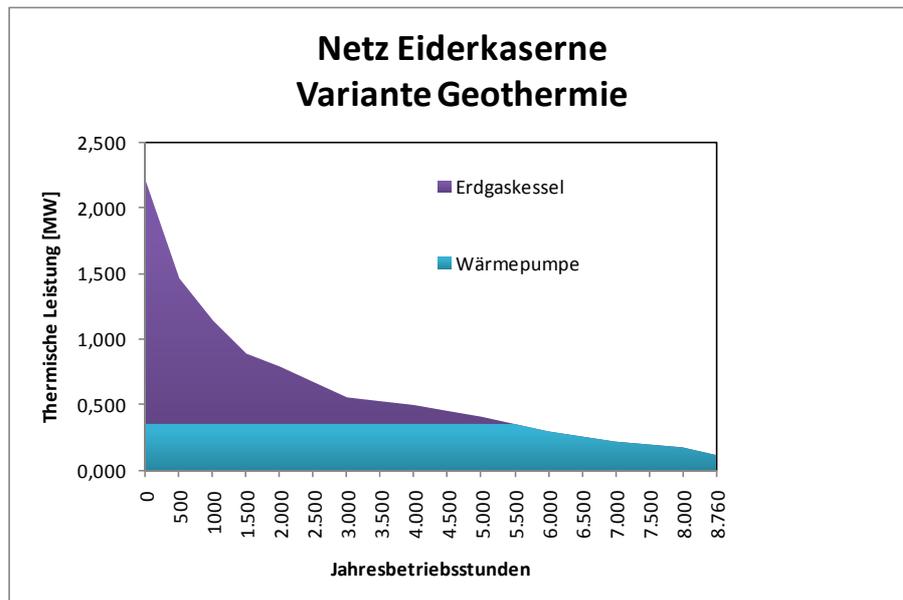
Bilanzen	Variante 2 Holzfeuerung		Einheit
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West	
Netzwärmebedarf ca.	ca. 5.180	13.305	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca. 2.260	5.900	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca. 4.400	11.955	MWh _{Nutz} / Jahr
JVBS	ca. 2.290	2.260	Stunden / Jahr
Holzessel			
Thermische Leistung	ca. 600	1.500	kW _{th}
Gesamtwirkungsgrad	ca. 90%	90%	
Brennstoffleistung	ca. 667	1.667	kW _{Hu}
JVBS gesamt	ca. 6.123	6.197	Std.
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca. 3.674	9.295	MWh _{th} /a
Pelletbedarf	ca. 4.176	10.328	MWh _{Hu} /a
Kesselanlage			
Benötigte Kesselleistung	ca. 2.260	5.900	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca. 1.506	4.010	MWh/a
Eta Kesselanlage ca.	90%		
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca. 1.670	4.460	MWh _{Hu} /a
Primärenergiefaktor	0,61	0,58	
CO2-Bilanz	337	901	t CO2 / Jahr

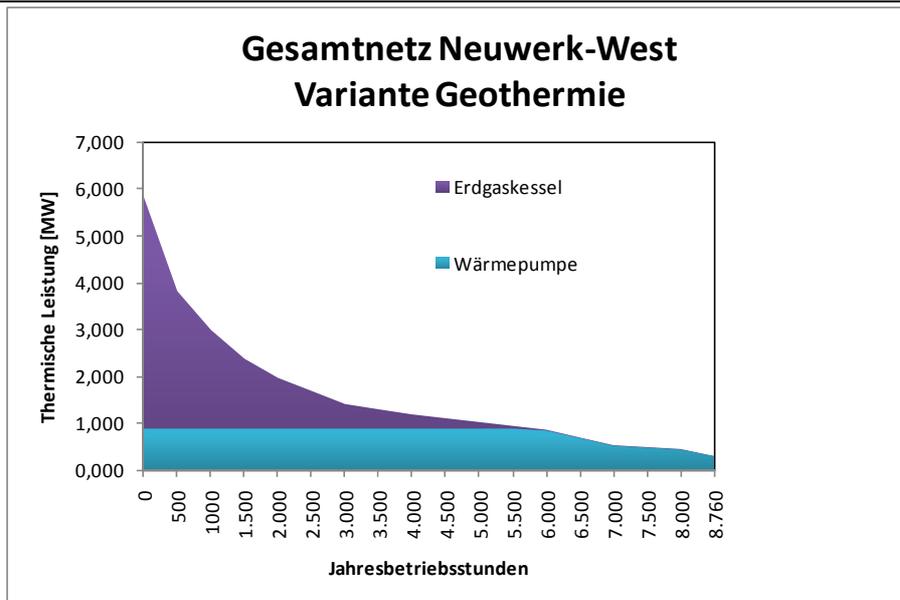
Tabelle 5.2-1: Bilanz Holzfeuerung

5.3 Variante Geothermie

Um die Forderungen des EEWärmeG zu erfüllen ist eine WP-Anlage erforderlich mit der mindestens 50% der benötigten Wärme erzeugt werden kann. Um die Wärmeversorgung des betrachteten Gebietes mit Erdwärme zu realisieren werden jeweils 100m Tiefe Erdwärmesonden vorgesehen. So können die benötigten Anlagen und die Bohrungen sukzessiv mit wachsendem Wärmebedarf durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise wäre mit einer einzelnen Anlage oder einer Tiefenbohrung (z.B. 1.000 m) nicht möglich.

Da für diese Art der Wärmegewinnung vor allem Strom mit einem Primärenergiefaktor von 2,6 (Strommix) benötigt wird, kann bei dieser Variante der Wärmebereitstellung nur ein Primärenergiefaktor von über 1 erreicht werden. Ein Primärenergiefaktor größer 1 spiegelt keine ökologische Wärmeversorgung wieder und ist in der Regel nicht förderungsfähig. Zudem entstehen durch den Strombezug der Wärmepumpen im Vergleich zu den anderen betrachteten Wärmeversorgungsvarianten hohe CO₂-Emissionen. In den weiteren Untersuchungen wird diese Variante daher nicht vertiefend betrachtet.





		Variante Geothermie		
Bilanzen		Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	5.180	13.305	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca.	2.260	5.900	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	4.400	11.955	MWh _{Nutz} / Jahr
JVBS	ca.	2.290	2.260	Stunden / Jahr
Wärmepumpe				
Thermische Leistung	ca.	350	900	kW _{th}
Arbeitszahl	ca.	4,3	4,3	
JVBS gesamt	ca.	7.548	7.617	Std.
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.	2.642	6.855	MWh _{th} /a
Strombedarf	ca.	614	1.594	MWh _{Hu} /a
Kesselanlage				
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260	5.900	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	2.538	6.450	MWh/a
Eta Kesselanlage ca.	90%			
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	2.820	7.170	MWh _{Hu} /a
Primärenergiefaktor		1,08	1,02	
Gesamt CO2-Bilanz		955	2.450	t CO2 / Jahr

Tabelle 5.3-1: Bilanz Geothermie

6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

In diesem Kapitel soll untersucht und dargestellt werden welche Investitionen zur Realisierung der untersuchten zentralen Wärmeversorgungsvarianten erforderlich sind, und mit welchen Wärmegestehungskosten gerechnet werden muss.

Um eine Vergleichbarkeit der ermittelten Wärmegestehungskosten zu gewährleisten wurden alle Betrachtungen auf Basis einer Vollkostenbetrachtung, das heißt unter Berücksichtigung aller Kosten wie z.B. für

- Kapital,
- Wartung, Reparatur, Instandsetzung,
- Betriebsmittel,
- Primärenergie (Erdgas, Bioerdgas, Pellet, Hackschnitzel),
- Personal,
- Steuern, Versicherung, etc.

durchgeführt.

6.1 Investitionen

In den nachfolgenden Tabellen werden die in Ansatz gebrachten Investitionen aufgezeigt. Als erste Abschätzung wurden bei der IPP ESN vorliegende Erfahrungswerte, spezifische Ansätze, Listenpreise und im Haus der IPP ESN vorliegende Richtpreisangebote von Hersteller verwendet. Da für das Gesamtnetz Neuwerk-West unter anderem das bestehende Fernwärmenetz erweitert werden soll, wurde eine **Differenzkostenbetrachtung** durchgeführt. Es wurden also nur die **Mehrkosten** ermittelt, die nötig wären um bei einer Neuauslegung der bestehenden Heizzentrale das Gebiet der Eiderkaserne zusätzlich mit Wärme zu versorgen. Um für diese Kosten einen Ansatz zu generieren erfolgte eine grobe Abschätzung welche Investitionen nach dem verfügbaren Informationsstand notwendig wären um das bestehende Netz mit neuen Erzeugungsanlagen (mit und ohne das Gebiet der Eiderkaserne) zu versorgen. Die Differenz dieser Kostenschätzungen wurde dann dem neuen Versorgungsgebiet zugerechnet. Diese Vorgehensweise wurde gewählt um eine Vergleichbarkeit beider Betrachtungen (Versorgung aus der bestehenden Heizzentrale gegenüber Versorgung aus separater Heizzentrale) zu ermöglichen.

6.1.1 Variante BHKW (Erdgas/Bioerdgas)

Investitionen	Variante BHKW	
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzinvestitionen"
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Invest BHKW-Modul	ca. 300.000 €	250.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca. 25 m ³	65 m ³
Wärmespeicher kosten	ca. 25.000 €	25.000 €
Elektrische Anbindung, Trafo, etc.	25.000 €	5.000 €
Unvorhergesehenes	ca. 35.000 €	28.000 €
Zwischensumme	ca. 385.000 €	308.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca. 38.500 €	30.800 €
Gesamte Investitionen BHKW	ca. 423.500 €	338.800 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca. 2.260 kW	2.207 kW
Installierte Kesselleistung	ca. 2.300 kW	2.250 kW
Investition Kessel	ca. 322.000 €	255.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.	100.000 €	15.000 €
Heizhaus inkl. Peripherie ca. 15x15m	ca. 130.000 €	15.000 €
Zwischensumme	ca. 552.000 €	285.000 €
Unvorhergesehenes	ca. 55.200 €	28.500 €
Zwischensumme	ca. 607.200 €	313.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca. 60.720 €	31.350 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca. 667.920 €	344.850 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca. 4.425 m	4.425 m
Investitionen Trasse	ca. 1.770.000 €	1.770.000 €
Investition FW-Übergabestationen	420.000 €	420.000 €
Trassenförderung KWKG	50 €/m 221.250 €	221.250 €
Zwischensumme	ca. 1.968.750 €	1.968.750 €
Unvorhergesehenes	ca. 196.875 €	196.875 €
Zwischensumme	ca. 2.165.625 €	2.165.625 €
Planung, Gutachten etc.	ca. 216.563 €	216.563 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca. 2.382.188 €	2.382.188 €
Gesamte Investitionen	ca. 3.473.600 €	3.065.800 €

Tabelle 6.1.1-1: Investitionen BHKW

6.1.2 Variante Holzpellet

Investitionen	Variante Pellets	
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzinvestitionen"
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Invest Pelletkessel	ca.	140.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	25 m ³
Wärmespeicher kosten	ca.	25.000 €
Benötigter Pelletbunker (2x füllen/Monat)		50 m ³
Kosten Pelletbunker	ca.	25.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	19.000 €
Zwischensumme	ca.	209.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	20.900 €
Gesamte Investitionen Pelletkessel	ca.	229.900 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260 kW
Installierte Kesselleistung	ca.	2.300 kW
Investition Kessel	ca.	322.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		100.000 €
Heizhaus inkl. Peripherie ca. 15x15m	ca.	130.000 €
Zwischensumme	ca.	552.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	55.200 €
Zwischensumme	ca.	607.200 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	60.720 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	667.920 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	4.425 m
Investitionen Trasse	ca.	1.770.000 €
Investition FW-Übergabestationen		420.000 €
Trassenförderung KWKG	50 €/m	221.250 €
Zwischensumme	ca.	1.968.750 €
Unvorhergesehenes	ca.	196.875 €
Zwischensumme	ca.	2.165.625 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	216.563 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	2.382.188 €
Gesamte Investitionen	ca.	3.280.000 €

Tabelle 6.1.2-1: Investitionen Holzpellets

6.1.3 Variante Hackschnitzel

Investitionen	Variante Hackschnitzel	
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzinvestitionen"
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Invest Hackschnitzelkessel	ca.	150.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	25 m³
Wärmespeicher kosten	ca.	25.000 €
Benötigter Hackschnitzelbunker (4x füllen/Monat)		100 m³
Kosten Hackschnitzelbunker	ca.	50.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	22.500 €
Zwischensumme	ca.	247.500 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	24.750 €
Gesamte Investitionen Hackschnitzelkessel	ca.	272.250 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260 kW
Installierte Kesselleistung	ca.	2.300 kW
Investition Kessel	ca.	322.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		100.000 €
Heizhaus inkl. Peripherie ca. 15x15m	ca.	130.000 €
Zwischensumme	ca.	552.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	55.200 €
Zwischensumme	ca.	607.200 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	60.720 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	667.920 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	4.425 m
Investitionen Trasse	ca.	1.770.000 €
Investition FW-Übergabestationen		420.000 €
Trassenförderung KWKG	50 €/m	221.250 €
Zwischensumme	ca.	1.968.750 €
Unvorhergesehenes	ca.	196.875 €
Zwischensumme	ca.	2.165.625 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	216.563 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	2.382.188 €
Gesamte Investitionen	ca.	3.322.400 €

Tabelle 6.1.3-1: Investition Hackschnitzel

6.2 Energiewirtschaftliche Ansätze

Zur Durchführung der energiewirtschaftlichen Betrachtungen sind eine Vielzahl von Eingabewerten erforderlich. Die in Ansatz gebrachten Werte zeigen die folgenden Tabellen.

Investitionen				
Spezifische Investitionen Fernwärmestrassen				
Investition Kesselanlage			400	€/m
	bis 1 MW		ca.	150 €/kW
	bis 5 MW		ca.	140 €/kW
	bis 10 MW		ca.	130 €/kW
Investition FW-Übergabestation			ca.	3.500 €/Hausanschluss
Förderungen FW-Übergabestationen			ca.	1.800 €/Hausanschluss
Gesamtkosten FW-Übergabestation, inkl Förderung			ca.	1.700 €/Hausanschluss
Investition Geothermiebohrung			ca.	1.200 €/kW
Investition Pellet- / Holzhackschnitzelbunker			ca.	500 €/m³
Kapitalgebundene Kosten				
Zinssatz			ca.	5% /Jahr
Kapitaldienstfaktoren (Annuitätische Betrachtung):		Betrachtungszeitraum:		
BHKW/Wärmepumpe, Solaranlage	15	Jahre	==>	9,63% /Jahr
Pellet- / Hackschnitzelanlagen	20	Jahre	==>	8,02% /Jahr
Gas-Kessel, Speicher, Peripherie, Heizflächen	20	Jahre	==>	8,02% /Jahr
Fernwärmeleitungen	30	Jahre	==>	6,51% /Jahr
Wartung/Reparatur/Versicherung/Betrieb				
BHKW (Vollwartung)			ca.	2,00 Ct/kWh el
Fernwärmestrassen				0,5% von Invest.
Heizungsanlage				3,5% von Invest.
Gebäude				1,0% von Invest.
Solaranlage				2,5% von Invest.
Personalkosten	BHKW	40 €/Std.		0,25 Std. / Tag
	Pellet	40 €/Std.		0,50 Std. / Tag
	Hackschnitzel	40 €/Std.		1,50 Std. / Tag
	Wärmepumpe	40 €/Std.		0,25 Std. / Tag
Steuern/Versicherung			ca.	1,0% je Jahr v.d.Inv.

Energie- und Hilfsstoffkosten				
Brennstoffpreise:				
Erdgas (Durchschnittskosten)				
	Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten			4,43 Ct/kWh Ho
	bei 1,10 Ho/Hu		==>	4,87 Ct/kWh Hu
Bioerdgas	Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten			8,50 Ct/kWh Ho
	bei 1,10 Ho/Hu		==>	9,35 Ct/kWh Hu
Pelletkosten		Heizwert		5 kWh / kg
				233 €/Tonne
				4,66 cent / kWh
		Volumen pro Tonne		1,53 Sm³
				0,31 Sm³ / MWh
Hackschnitzelkosten		Heizwert		3,388 kWh / kg
				86 €/Tonne
				2,54 cent / kWh
		Volumen pro Tonne		4,00 Sm³
				1,18 Sm³/MWh
Stromkosten für Betrieb				16,50 Ct/kWh el

Stromgutschrift						
<u>Einspeisevergütung gemäß KWKG:</u>						
Elektrische Leistung		KWK-Bonus (max. 30.000 h)	Vergütung EVU (EEX)	vermiedene Netznutzung		
bis:	50 kW_el	5,11	3,88	0,68		Ct/kWh_el
bis:	2.000 kW_el	2,10	3,88	0,68		Ct/kWh_el
über:	2.000 kW_el	1,50	3,88	0,68		Ct/kWh_el
<u>Einspeisevergütung gemäß EEG:</u>						
Elektrische Leistung		KWK-Bonus	Vergütung EVU	vermiedene Netznutzung	NaWaRo	Technologie Bonus
bis:	150 kW_el	3,00	11,67	0,68	7,00	2,00 Ct/kWh_el
bis:	500 kW_el	3,00	9,18	0,68	7,00	2,00 Ct/kWh_el
über:	5.000 kW_el	3,00	8,25	0,68	4,00	2,00 Ct/kWh_el

Erdgas BHKW-Einspeisevergütung			
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzinvestitionen"	Dimension
Elektrische Leistung BHKW	400	1.248	kW _{el}
Gesamtvergütung	5,31	5,26	Ct/kWh _{el}
Bioerdgas BHKW-Einspeisevergütung			
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzinvestitionen"	Dimension
Elektrische Leistung BHKW	400	1.248	kW _{el}
Gesamtvergütung	22,79	19,80	Ct/kWh _{el}

6.3 Jährliche Wärmegestehungskosten

Im Folgenden werden die jährlichen und die spezifischen Wärmegestehungskosten bestimmt und dargestellt.

6.3.1 Wärmegestehungskosten BHKW

6.3.1.1 BHKW mit Erdgas

Wärmegestehungskosten Erdgas	Variante Erdgas BHKW		
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzkosten"	Dimension
Grundlagen			
Netzwärmebedarf	5.180	5.180	MWh_th
Nutzwärmebedarf	4.400	4.401	
Wärmeerzeugung BHKW	3.437	3.369	MWh_th
Stromerzeugung BHKW	2.634	3.690	MWh_el
Brennstoff BHKW	7.282	8.294	MWh_Hu
Brennstoff Gaskessel	1.940	2.010	MWh_Hu
Brennstoff gesamt Gas	9.222	10.304	MWh_Hu
Investitionen	3.473.608	3.065.838	€
BHKW	423.500	338.800	€
Gaskesselanlage und Peripherie	667.920	344.850	€
Fernwärmetrassen	2.382.188	2.382.188	€
Jährliche Ausgaben	760.994	773.564	€/Jahr
Kapitalkosten BHKW	40.801	32.641	€/Jahr
Kapitalkosten Kessel etc.	53.596	27.672	€/Jahr
Kapitalkosten FW-Trassen	154.965	154.965	€/Jahr
Personalkosten	3.650	1.825	€/Jahr
Wartung, Reparatur, Instandsetzung			
BHKW	5.268	7.380	€/Jahr
Heizungsanlage	5.379	3.099	€/Jahr
FW-Trassen	11.911	11.911	€/Jahr
Gebäude	1.300	1.300	€/Jahr
Steuern/Versicherung	34.736	30.658	€/Jahr
Brennstoffkosten			
BHKW	354.852	404.167	€/Jahr
Kessel	94.536	97.947	€/Jahr
Gutschriften	188.569	249.317	€/Jahr
Stromgutschrift gemäß KWKG-Gesetz	139.818	194.274	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung BHKW-Betrieb	44.056	50.179	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	4.695	4.864	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	572.420	524.250	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	130,00	120,00	€/MWh_th

Tabelle 6.3.1.1-1: Wärmegestehungskosten Erdgas BHKW

6.3.1.2 BHKW mit Bioerdgas

Wärmegestehungskosten Bioerdgas	Variante BHKW Bioerdgas		Dimension
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzkosten"	
Grundlagen			
Netzwärmebedarf	5.180	5.180	MWh_th
Nutzwärmebedarf	4.400	4.401	
Wärmeerzeugung BHKW	3.437	3.369	MWh_th
Stromerzeugung BHKW	2.634	3.690	MWh_el
Brennstoff BHKW Bioerdgas	7.282	8.294	MWh_Hu
Brennstoff Gaskessel	1.940	2.010	MWh_Hu
Brennstoff gesamt Gas	9.222	10.304	MWh_Hu
Investitionen	3.473.608	3.065.838	€
BHKW	423.500	338.800	€
Gaskesselanlage und Peripherie	667.920	344.850	€
Fernwärmetrassen	2.382.188	2.382.188	€
Jährliche Ausgaben	1.087.009	1.143.974	€/Jahr
Kapitalkosten BHKW	40.801	32.641	€/Jahr
Kapitalkosten Kessel etc.	53.596	27.672	€/Jahr
Kapitalkosten FW-Trassen	154.965	154.965	€/Jahr
Personalkosten	3.650	913	€/Jahr
Wartung, Reparatur, Instandsetzung		0	
BHKW	5.268	7.380	€/Jahr
Heizungsanlage	5.379	3.099	€/Jahr
FW-Trassen	11.911	11.911	€/Jahr
Gebäude	1.300	1.300	€/Jahr
Steuern/Versicherung	34.736	30.658	€/Jahr
Brennstoffkosten		0	
BHKW Bioerdgas	680.867	775.489	€/Jahr
Kessel	94.536	97.947	€/Jahr
Gutschriften	605.082	735.624	€/Jahr
Stromgutschrift gemäß EEG-Gesetz	600.387	730.760	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	4.695	4.864	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	481.930	408.350	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	110,00	90,00	€/MWh_th

Tabelle 6.3.1.2-1: Wärmegestehungskosten Bioerdgas BHKW

6.3.2 Biomassekessel

6.3.2.1 Holzpelletfeuerung

Wärmegestehungskosten Pellet	Variante Pelletkessel		Dimension
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzkosten"	
Grundlagen			
Netzwärmebedarf	5.180	5.180	MWh_th
Nutzwärmebedarf	4.400	4.401	
Wärmeerzeugung Pelletkessel	3.674	3.629	MWh_th
Brennstoff Pelletkessel	4.176	3.888	MWh
Brennstoff Gaskessel	1.670	1.730	MWh_Hu
Investitionen	3.280.008	2.908.538	€
Pelletkessel	229.900	181.500	€
Gaskesselanlage und Peripherie	667.920	344.850	€
Fernwärmetrassen	2.382.188	2.382.188	€
Jährliche Ausgaben	569.726	517.147	€/Jahr
Kapitalkosten Pelletkessel	18.448	14.564	€/Jahr
Kapitalkosten Kessel etc.	53.596	27.672	€/Jahr
Kapitalkosten FW-Trassen	154.965	154.965	€/Jahr
Personalkosten	7.300	3.650	€/Jahr
Wartung, Reparatur, Instandsetzung			
Pelletkessel	8.047	6.353	
Heizungsanlage	5.379	2.949	€/Jahr
FW-Trassen	11.911	11.911	€/Jahr
Gebäude	1.300	500	€/Jahr
Steuern/Versicherung	32.800	29.085	€/Jahr
Brennstoffkosten			
Pelletkessel	194.602	181.196	€/Jahr
Kessel	81.379	84.303	€/Jahr
Gutschriften	4.041	4.187	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	4.041	4.187	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	565.680	512.960	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	130,00	120,00	€/MWh_th

Tabelle 6.3.2.1-1: Wärmegestehungskosten Holzpellet

6.3.2.2 Holzhackschnitzelfeuerung

Wärmegestehungskosten	Variante Holzhackschnitzel		Dimension
	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzkosten"	
Grundlagen			
Netzwärmebedarf	5.180	5.180	MWh_th
Nutzwärmebedarf	4.400	4.401	
Wärmeerzeugung Hackschnitzelkessel	3.674	3.629	MWh_th
Brennstoff Hackschnitzel	4.176	3.888	MWh_Hu
Brennstoff Gaskessel	1.670	1.730	MWh_Hu
Investitionen	3.322.358	2.956.938	€
Hackschnitzelkessel	272.250	229.900	€
Gaskesselanlage und Peripherie	667.920	344.850	€
Fernwärmetrassen	2.382.188	2.382.188	€
Jährliche Ausgaben	514.478	455.384	€/Jahr
Kapitalkosten Hackschnitzelkessel	21.846	18.448	€/Jahr
Kapitalkosten Kessel etc.	53.596	27.672	€/Jahr
Kapitalkosten FW-Trassen	154.965	154.965	€/Jahr
Personalkosten	21.900	10.950	€/Jahr
Wartung, Reparatur, Instandsetzung			
Hackschnitzelkessel	9.529	8.047	
Heizungsanlage	18.827	10.320	€/Jahr
FW-Trassen	11.911	11.911	€/Jahr
Gebäude	1.300	500	€/Jahr
Steuern/Versicherung	33.224	29.569	€/Jahr
Brennstoffkosten			
Hackschnitzelkessel	106.002	98.700	€/Jahr
Kessel	81.379	84.303	€/Jahr
Gutschriften	4.041	4.187	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	4.041	4.187	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	510.440	451.200	€/Jahr
Wärmegestehungskosten ca.	120,00	100,00	€/MWh_th

Tabelle 6.3.2.2-1: Wärmegestehungskosten Holzhackschnitzel

6.3.4 Zusammenfassung der Wärmegestehungskosten

In der folgenden Tabelle werden die Wärmegestehungskosten und die erreichbaren Primärenergiefaktoren aller Varianten zusammenfassend dargestellt.

Wärmegestehungskosten und Primärenergiefaktoren f_p	Netz Eiderkaserne	Gesamtnetz Neuwerk-West "Differenzkosten"	
BHKW Erdgas	130	120	€/ MWh
	0,87	0,79	€/ (m ² + Monat)
	CO ₂	210	-20 t CO ₂ / Jahr
	f_p	0,69	0,46
BHKW Bioerdgas	110	90	€/ MWh
	0,73	0,62	€/ (m ² + Monat)
	CO ₂	-1.260	-3.990 t CO ₂ / Jahr
	f_p	0,69	0,46
Holzfeuerung Pellet	130	120	€/ MWh
	0,86	0,78	€/ (m ² + Monat)
	CO ₂	340	900 t CO ₂ / Jahr
	f_p	0,61	0,58
Holzfeuerung Hackschnitzel	120	100	€/ MWh
	0,77	0,68	€/ (m ² + Monat)
	CO ₂	340	900 t CO ₂ / Jahr
	f_p	0,61	0,58

Tabelle 6.3.4-1: Wärmegestehungskosten und Primärenergiefaktoren

Wie aus der Zusammenstellung zu entnehmen ist, sind bei einem Gesamtausbau des Gebietes Neuwerk-West 10 bis 20% geringere Wärmekosten zu erwarten, als bei einer eigenständigen Versorgung des ehemaligen Kasernengeländes. Außerdem zeigt sich, dass eine Versorgung mit Biogas-BHKW oder einer Hackschnitzel-feuerung die günstigsten Wärmegestehungskosten erwarten lässt.

Neben einem günstigen Wärmepreis spielt aber der zu generierende Primärenergiefaktor (f_p) eine entscheidende Rolle bei der Wärmeversorgung eines Gebietes. Es ist festzustellen, dass bei einer zentralen Versorgung des Gebiets Neuwerk-West mittels einer BHKW Lösung der günstigste Primärenergiefaktor und somit die höchste CO₂ Einsparung erreicht werden kann.

7. Sensitivitätsanalysen

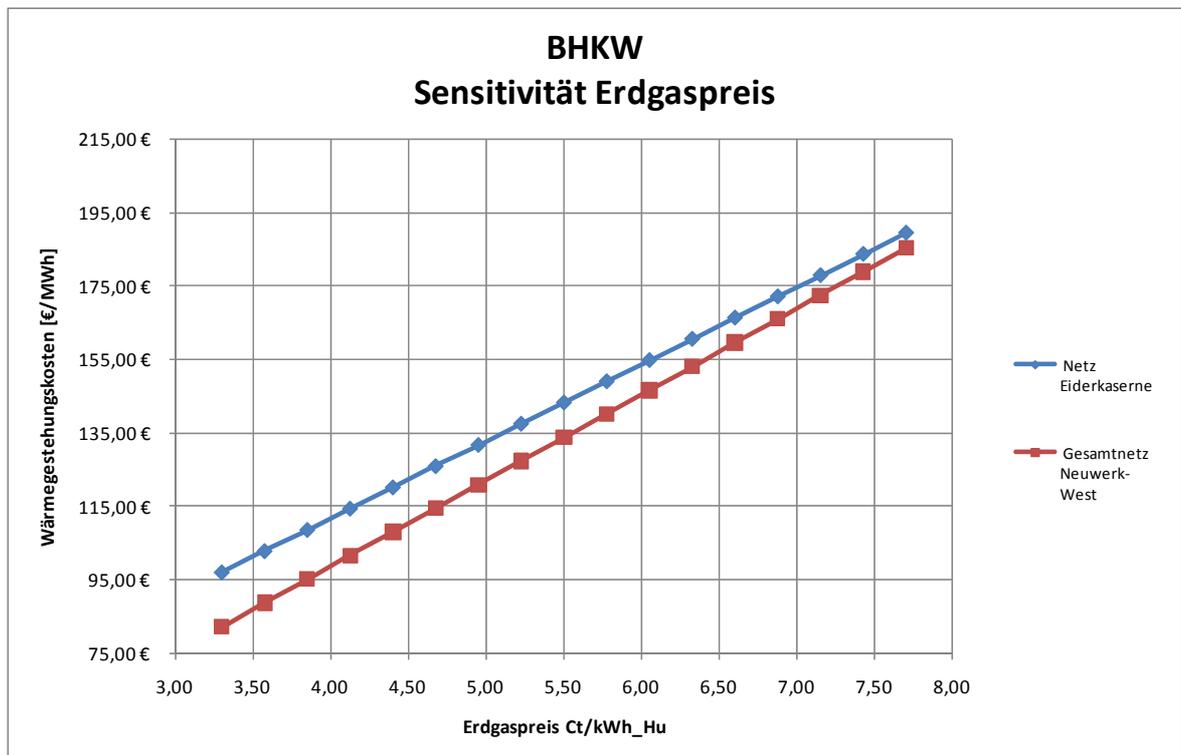
Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit sind Kostenansätze für Brennstoff, Investitionen, Einspeisevergütungen und für die Fernwärmetrasse gewählt bzw. in Ansatz gebracht worden.

Damit die Auswirkungen (Chancen/Risiken) wesentlicher Veränderungen dieser Ansätze abgeschätzt und interpretiert werden können, wurde eine Sensitivitätsanalyse dieser Parameter durchgeführt. Variiert wird in der Regel der Basiswert (100 %) im Bereich von +/- 40 % in 10 % Schritten.

Die geneigten Linien stellen die Variation/Auswirkung einer Veränderung der Ansätze dar. Je steiler eine Linie verläuft, desto größer ist auch die Auswirkung einer Veränderung (Variation).

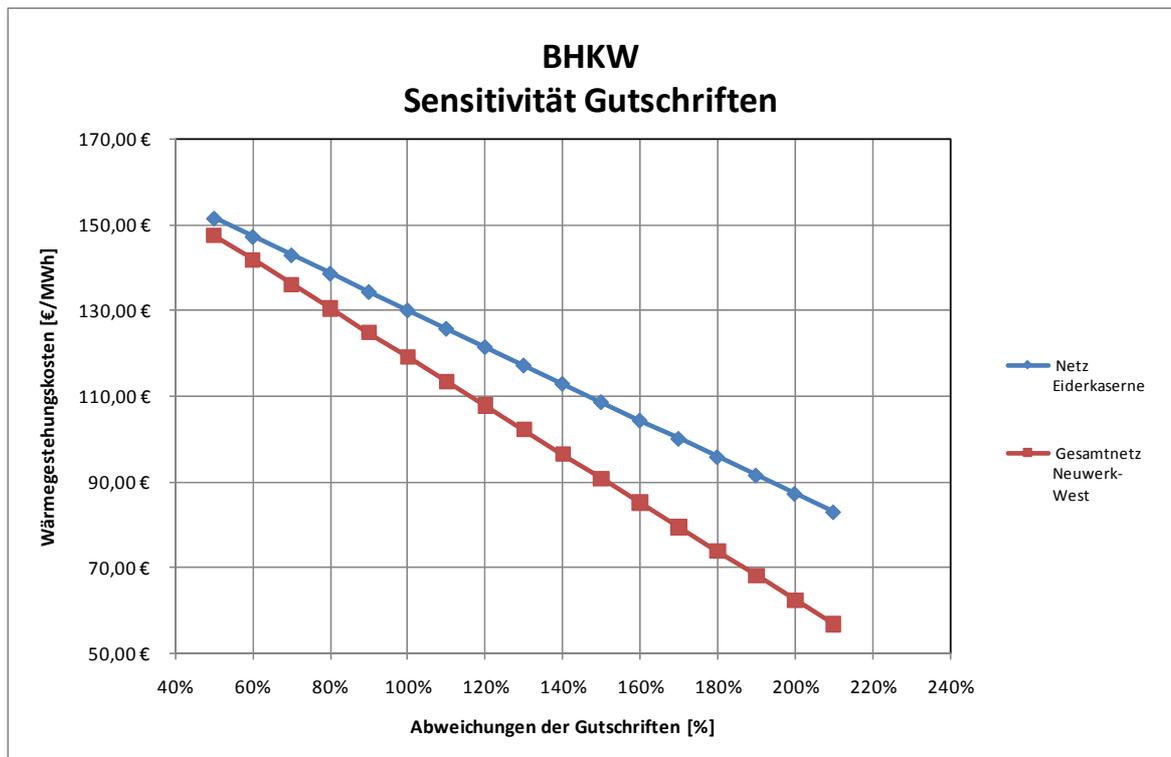
7.1 Sensitivitätsanalysen Erdgas BHKW

Erdgaspreis: Auswirkungen des Erdgaspreises



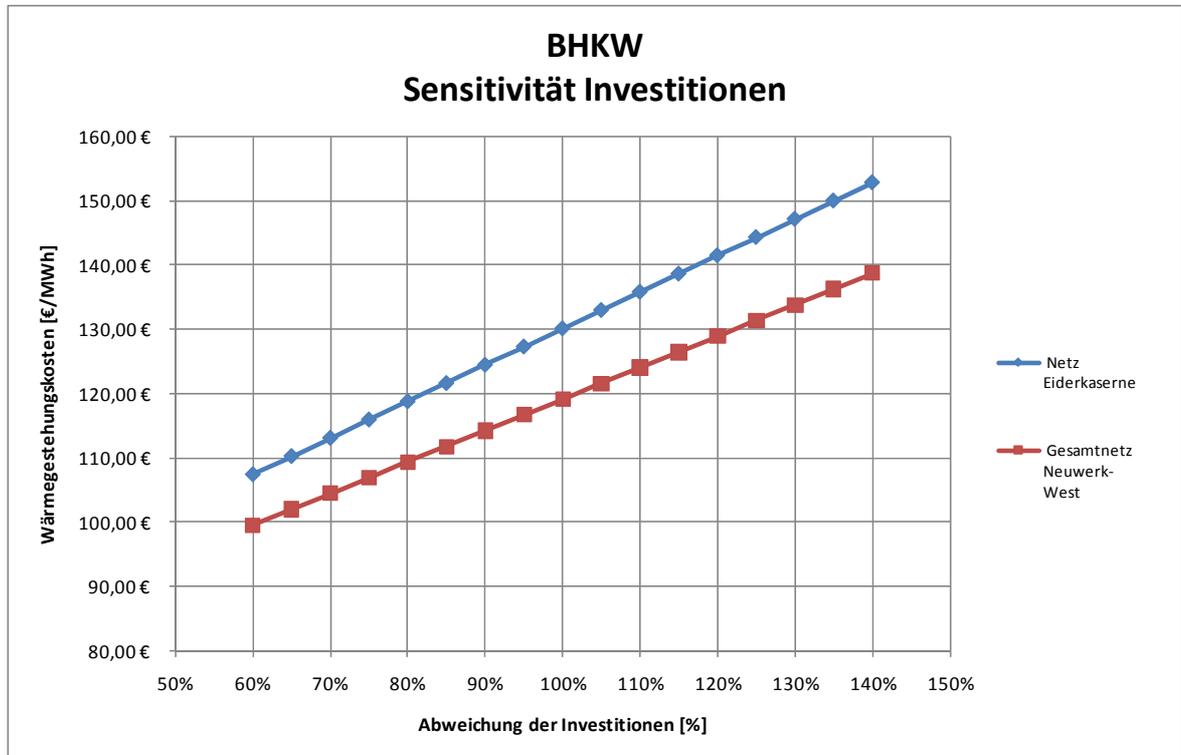
Wie der Sensitivitätsanalyse zu entnehmen ist, sind die Wärmegestehungskosten abhängig vom Brennstoffpreis. Eine Erhöhung des Erdgaspreises um 10% erhöht die Wärmegestehungskosten um ca. 10%.

Stromgutschriften: Auswirkungen der Stromgutschriften



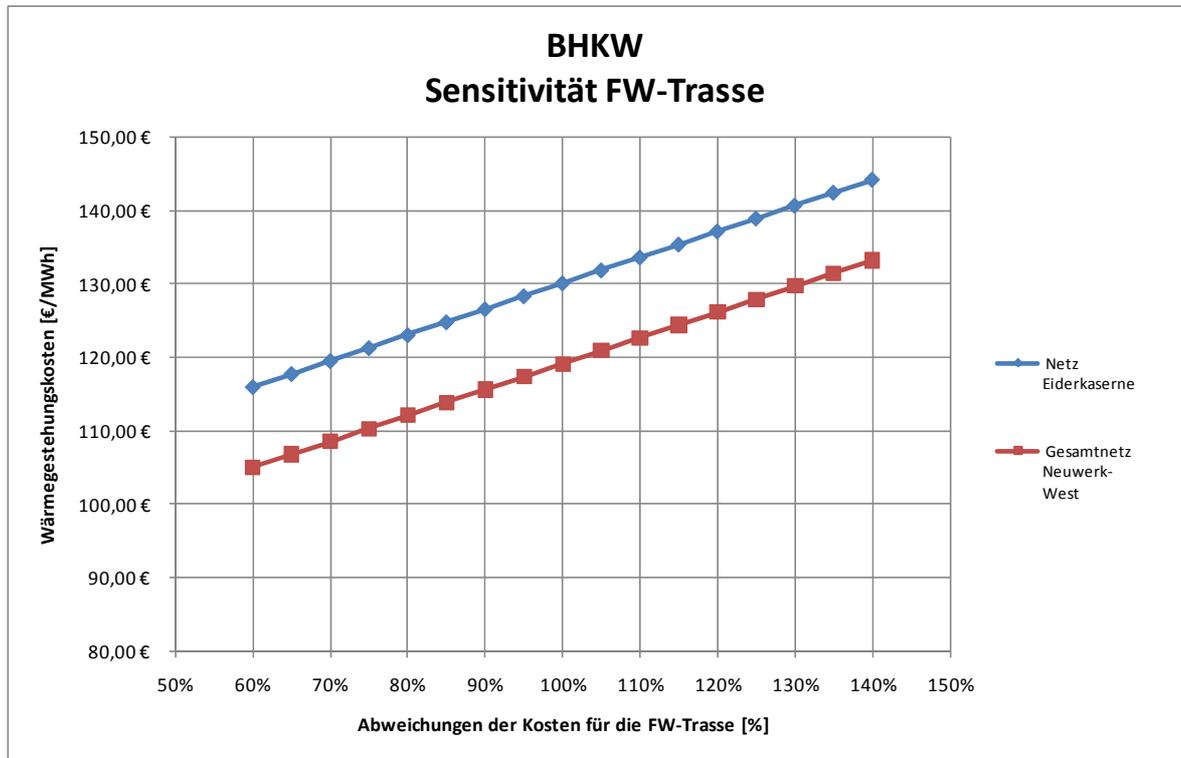
Die Sensitivität der Stromgutschriften spielt für die Wärmegestehungskosten bei einer mit Erdgas befeuerten BHKW Lösung eine wesentliche Rolle. Einerseits sind Vergütungssätze durch das KWK-Gesetz vorgegeben (Basisbetrachtung) andererseits kann eine deutlich höhere Vergütung (2 bis 3fache) erreicht werden wenn der Strom selbst (beim Endverbraucher) genutzt werden kann. Diese Betrachtung kann aber nur für die Betrachtung „Netz Eiderkaserne“ erfolgen da bei der Betrachtung „Gesamtnetz Neuwerk-West“ die Stadtwerke Betreiber der Anlagen sind.

Investitionen: Im folgenden Bild sind die Auswirkungen der Investitionen dargestellt.



Eine Änderung der Investitionen (Erzeugungstechnik) wirkt sich relativ gering auf die Wärmegestehungskosten aus, eine Änderung von 30% der nötigen Investitionen bewegt die Wärmegestehungskosten nur um ca. 10-15% in dieselbe Richtung.

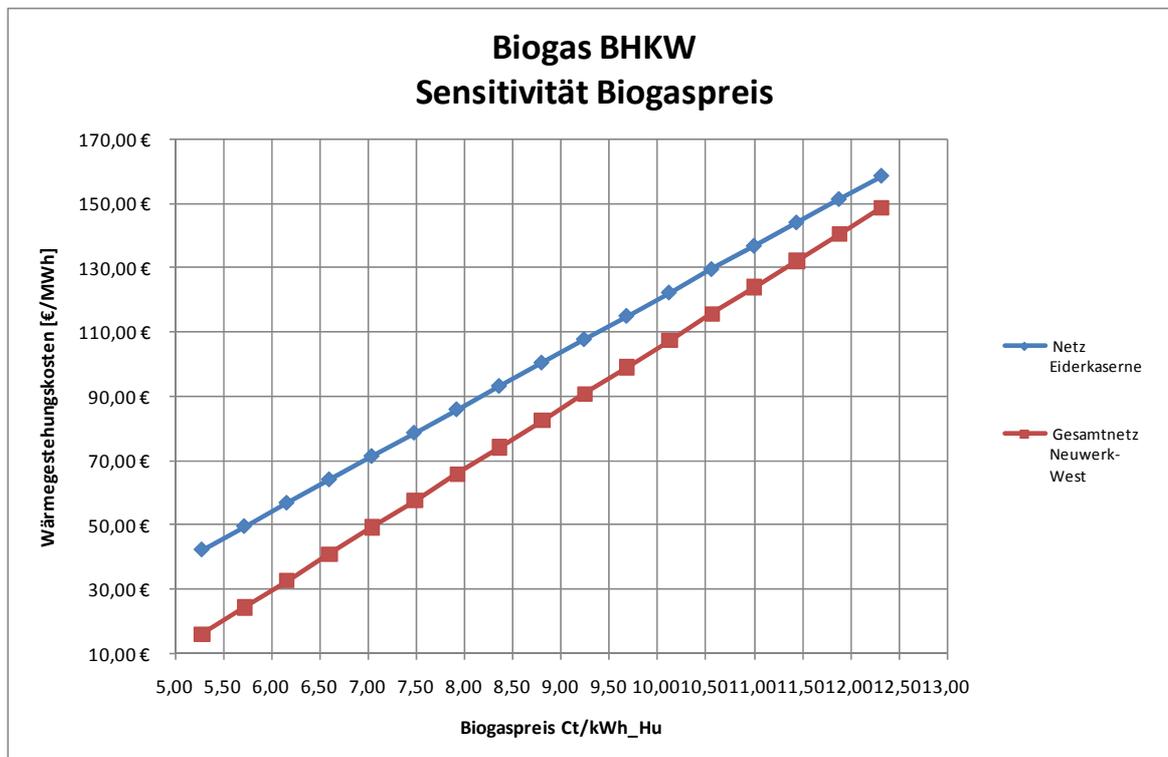
FW-Trasse: Auswirkungen der Investitionen für das Fernwärmenetz



Die Investitionen für das Fernwärmenetz haben auf die Wärmegestehungskosten nur sehr geringe Auswirkungen. Eine Erhöhung der Investitionen um 30% erhöht die Wärmegestehungskosten nur um ca. 5-10%.

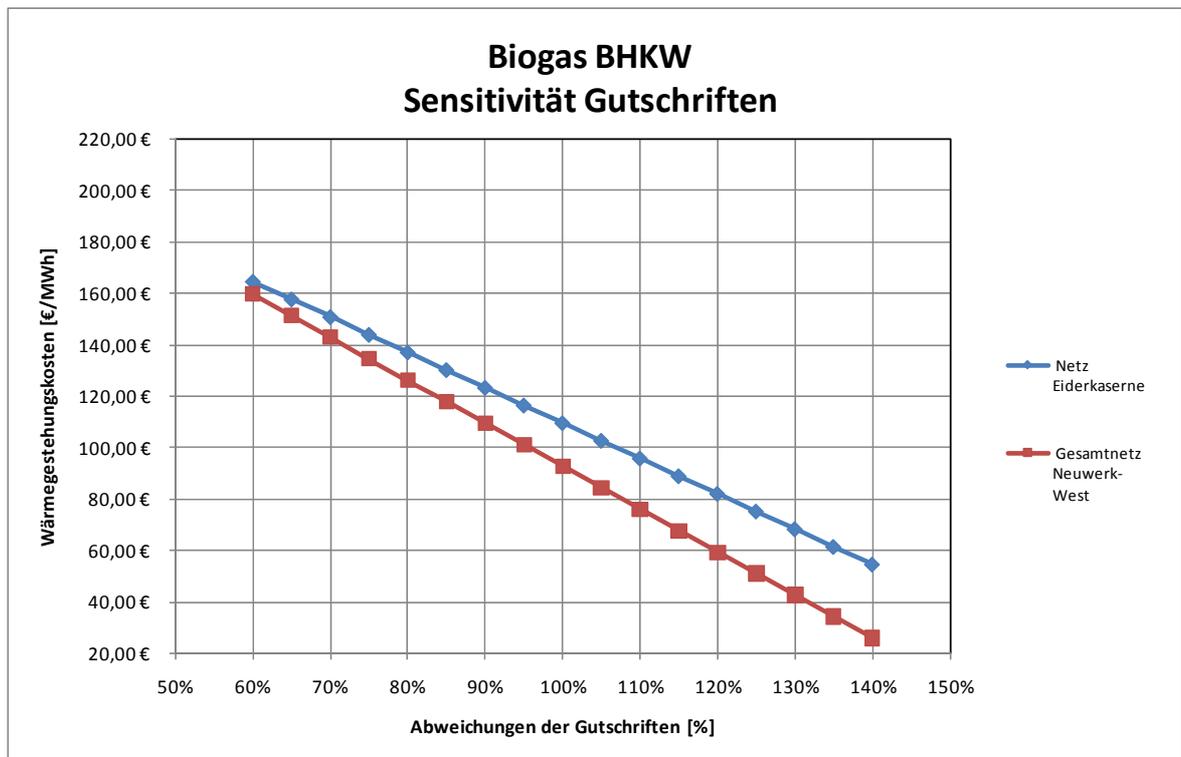
7.1 Sensitivitätsanalysen Bioerdgas BHKW

Bioerdgaspreis: Auswirkungen des Bioerdgaspreises



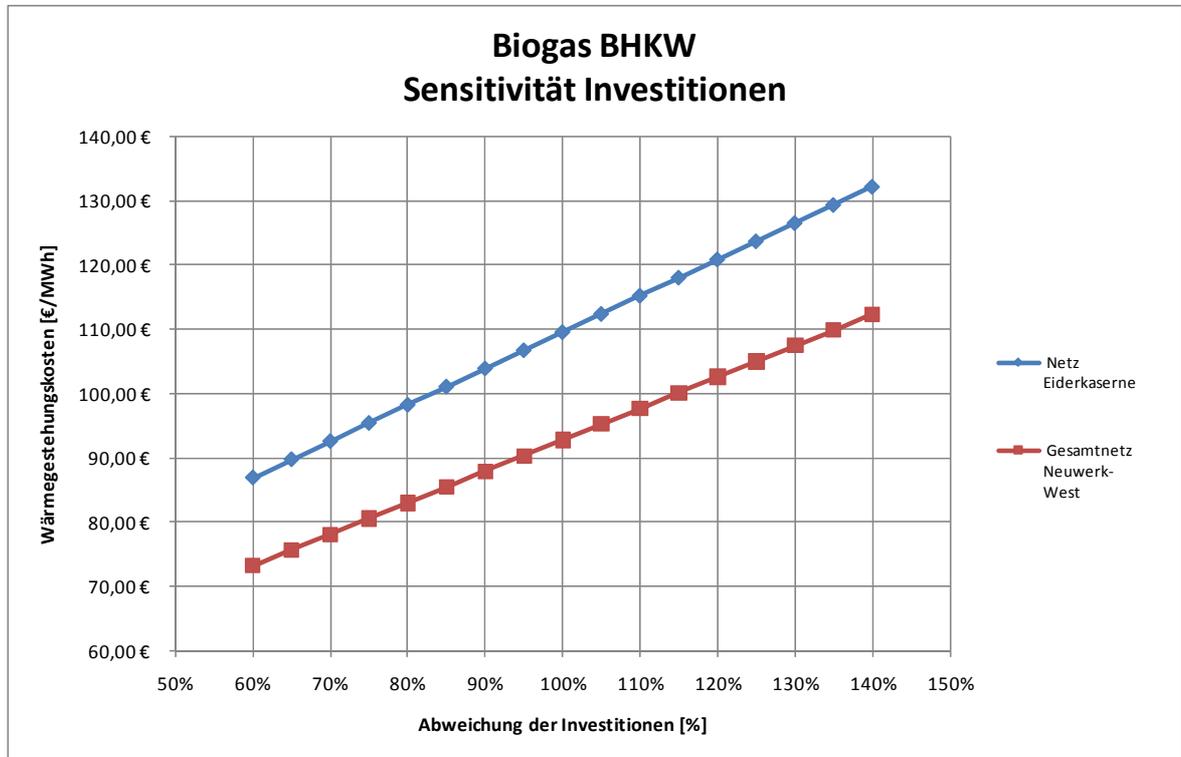
Wie der Sensitivitätsanalyse zu entnehmen ist, sind die Wärmegestehungskosten stark abhängig vom Brennstoffpreis. Eine Erhöhung des Bioerdgaspreises um 10% erhöht die Wärmegestehungskosten um ca. 15%. Allerdings würde ein günstiges Angebot für Bioerdgas auch die Wärmegestehungskosten entsprechend reduzieren können.

Stromgutschriften: Auswirkungen der Stromgutschriften



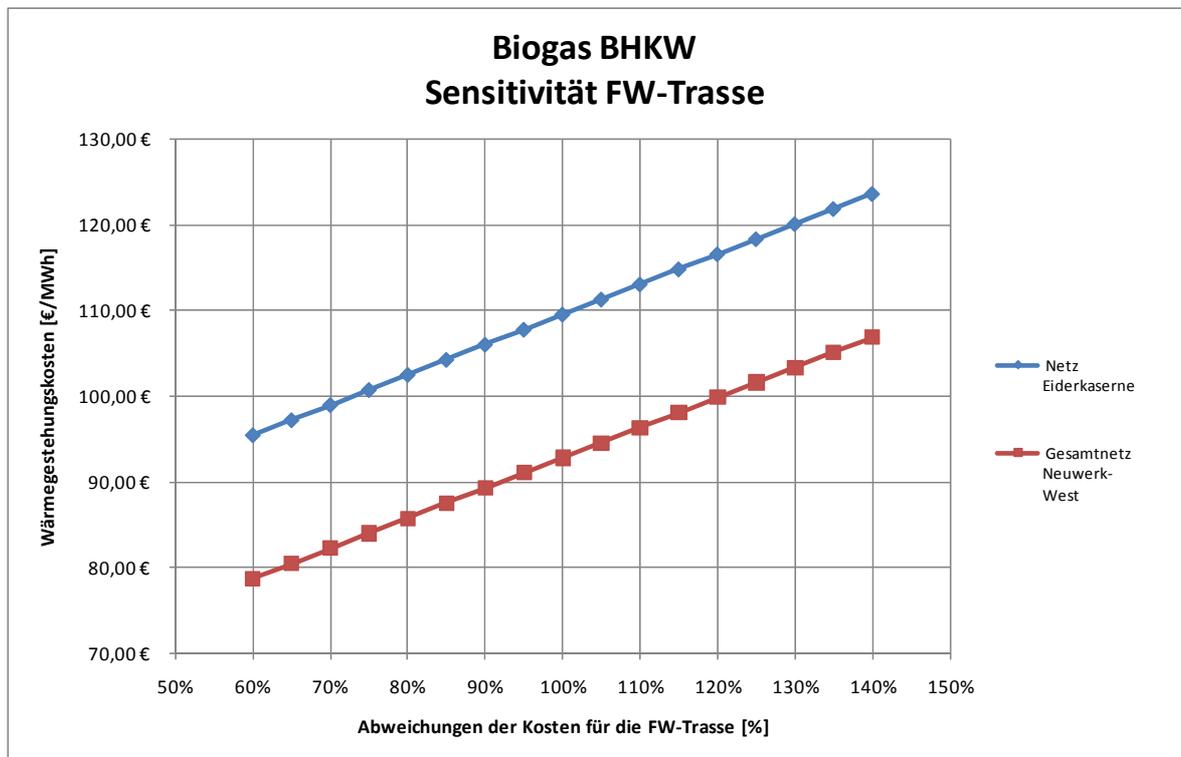
Die Sensitivität der Stromgutschriften spielt für die Wärmegestehungskosten bei einer mit Bioerdgas befeuerten BHKW Lösung eine untergeordnete Rolle, da sämtliche Vergütungssätze durch das EEG vorgegeben sind und über einen Zeitraum von 20 Jahren festgeschrieben werden. Sollte sich an diesen Werten in Zukunft etwas ändern wären starke Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten zu erwarten. Eine Änderung der Vergütungen um 10% würde die Wärmegestehungskosten um 10% in die gleiche Richtung ändern.

Investitionen: Im folgenden Bild sind die Auswirkungen der Investitionen dargestellt.



Eine Änderung der Investitionen wirkt sich relativ gering auf die Wärmegestehungskosten aus, eine Änderung von 30% der nötigen Investitionen bewegt die Wärmegestehungskosten nur um ca. 15% in dieselbe Richtung.

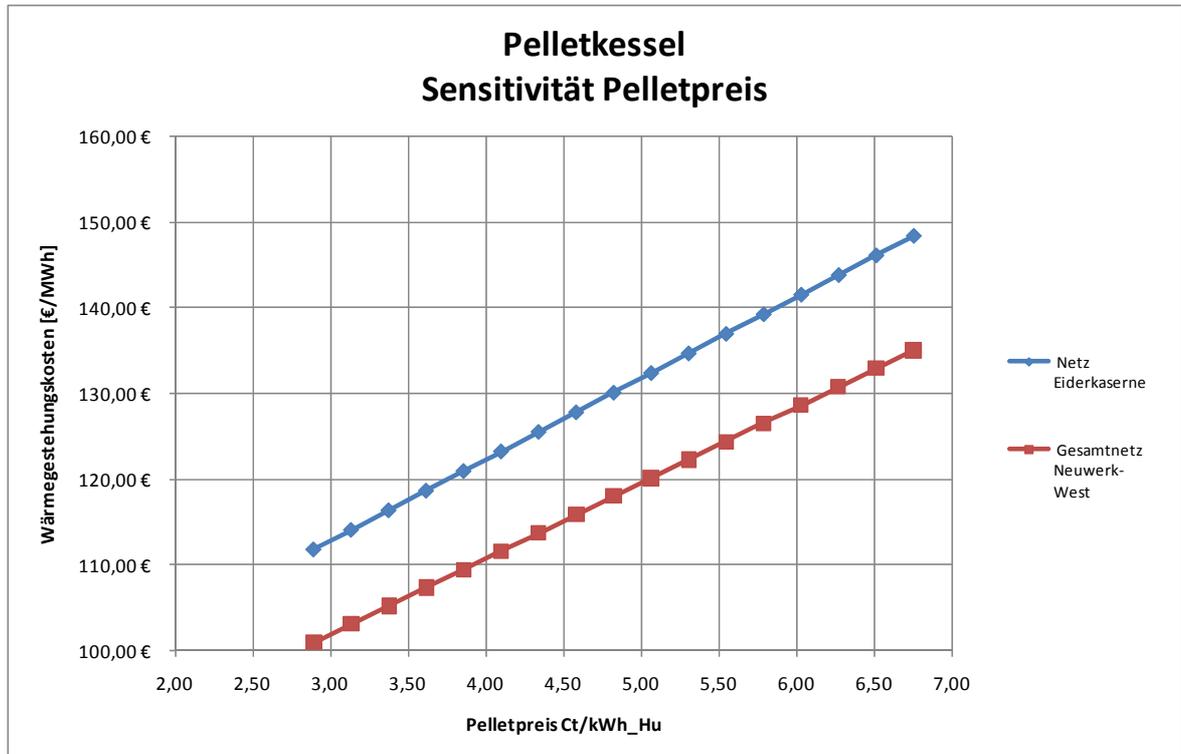
FW-Trasse: Auswirkungen der Investitionen für das Fernwärmenetz



Die Investitionen für das Fernwärmenetz haben auf die Wärmegestehungskosten nur sehr geringe Auswirkungen. Eine Erhöhung der Investitionen um 30% erhöht die Wärmegestehungskosten nur um ca. 5-10%.

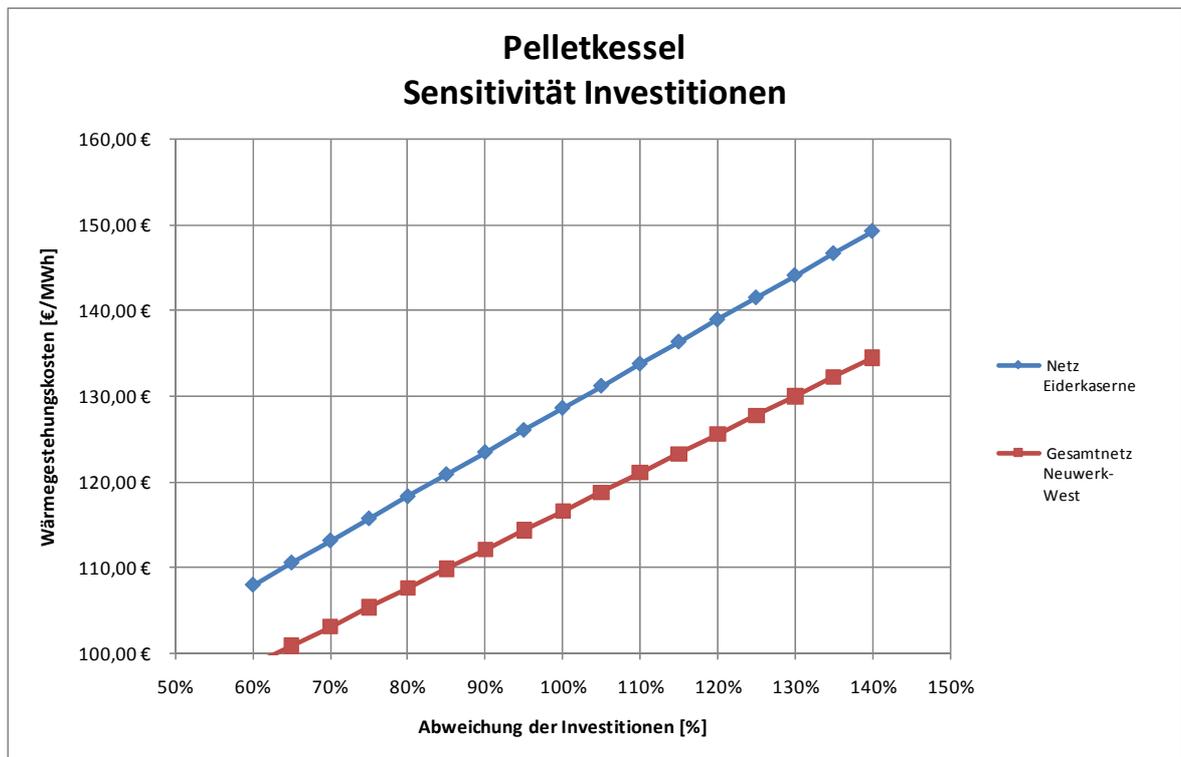
7.2 Sensitivitätsanalysen Holzpelletfeuerung

Pelletpreis: Auswirkungen der Pelletpreise



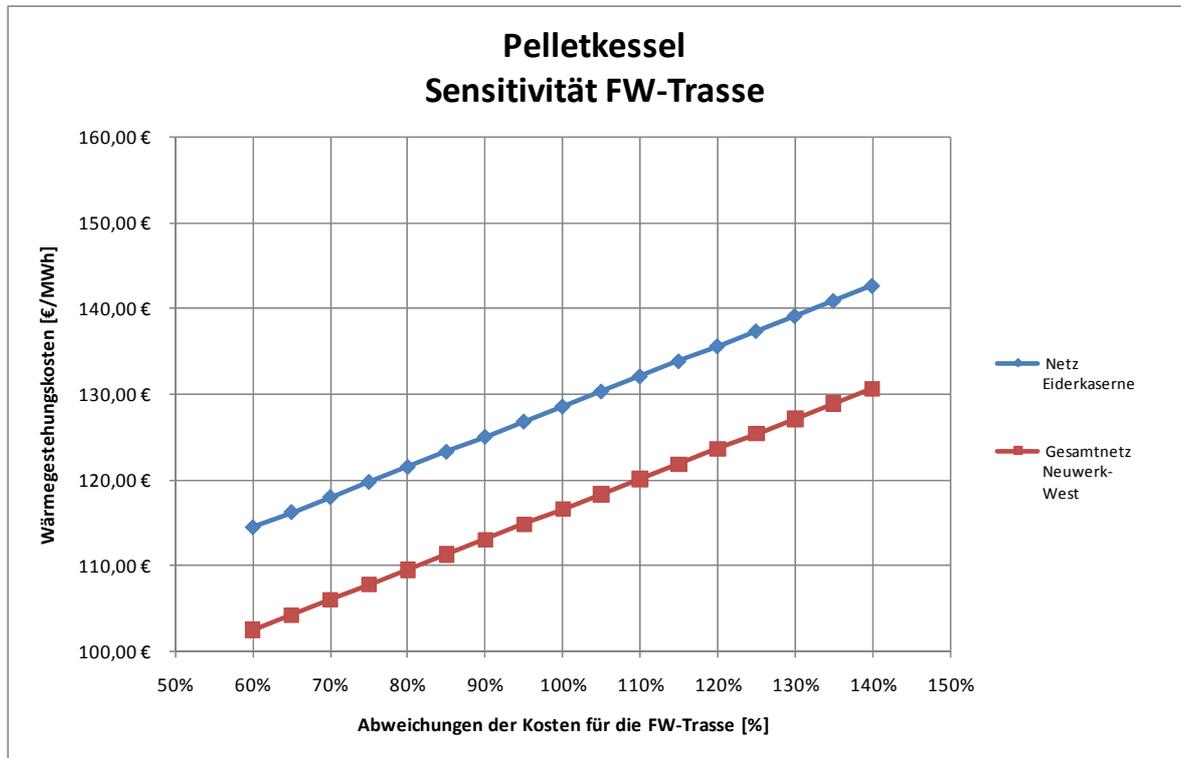
Wie der Sensitivitätsanalyse zu entnehmen ist, sind die Wärmegestehungskosten weniger stark abhängig vom Brennstoffpreis (Holz) als beim Erdgas BHKW. Eine Erhöhung der Pelletkosten um 10% erhöhen die Wärmegestehungskosten um ca. 5%.

Investitionen: Auswirkungen der Investitionen



Eine Änderung der Investitionen wirkt sich noch etwas geringer auf die Wärmege-
stehungskosten aus, als es beim Erdgas BHKW der Fall ist. Eine Änderung von
30% der nötigen Investitionen bewegt die Wärmege-
stehungskosten nur um ca.
10% in dieselbe Richtung.

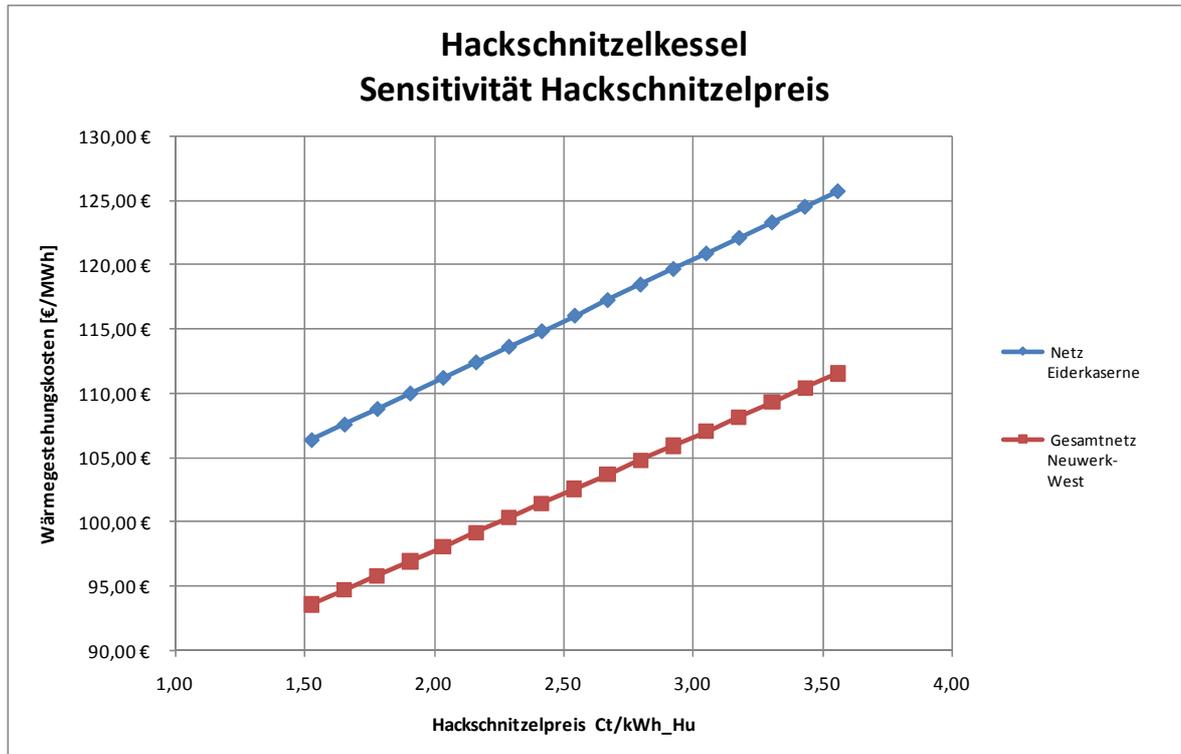
FW-Trasse: Auswirkungen der Investitionen für das Fernwärmenetz



Die Investitionen für das Fernwärmenetz haben auf die Wärmegestehungskosten geringe Auswirkungen. Eine Erhöhung der Investitionen um 30% erhöht die Kosten nur um ca. 5-10%.

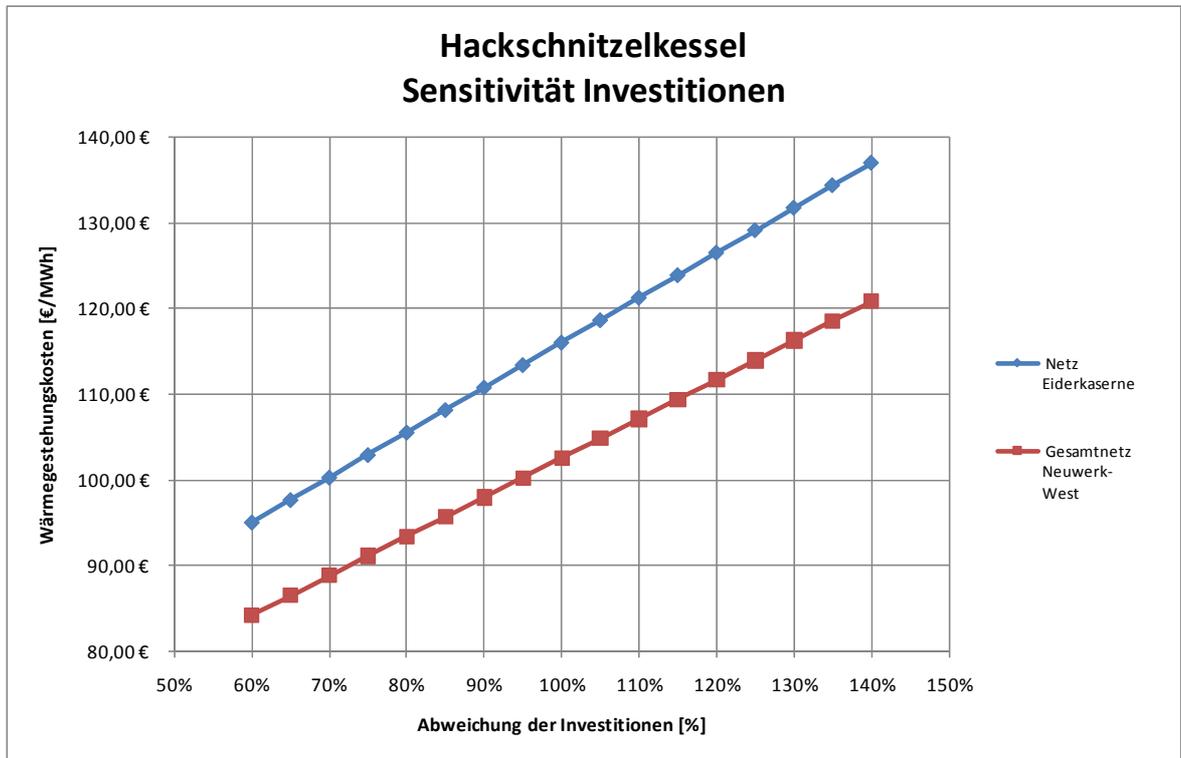
7.3 Sensitivitätsanalysen Holzhackschnitzelfeuerung

Hackschnitzelpreis: Auswirkungen des Hackschnitzelpreises



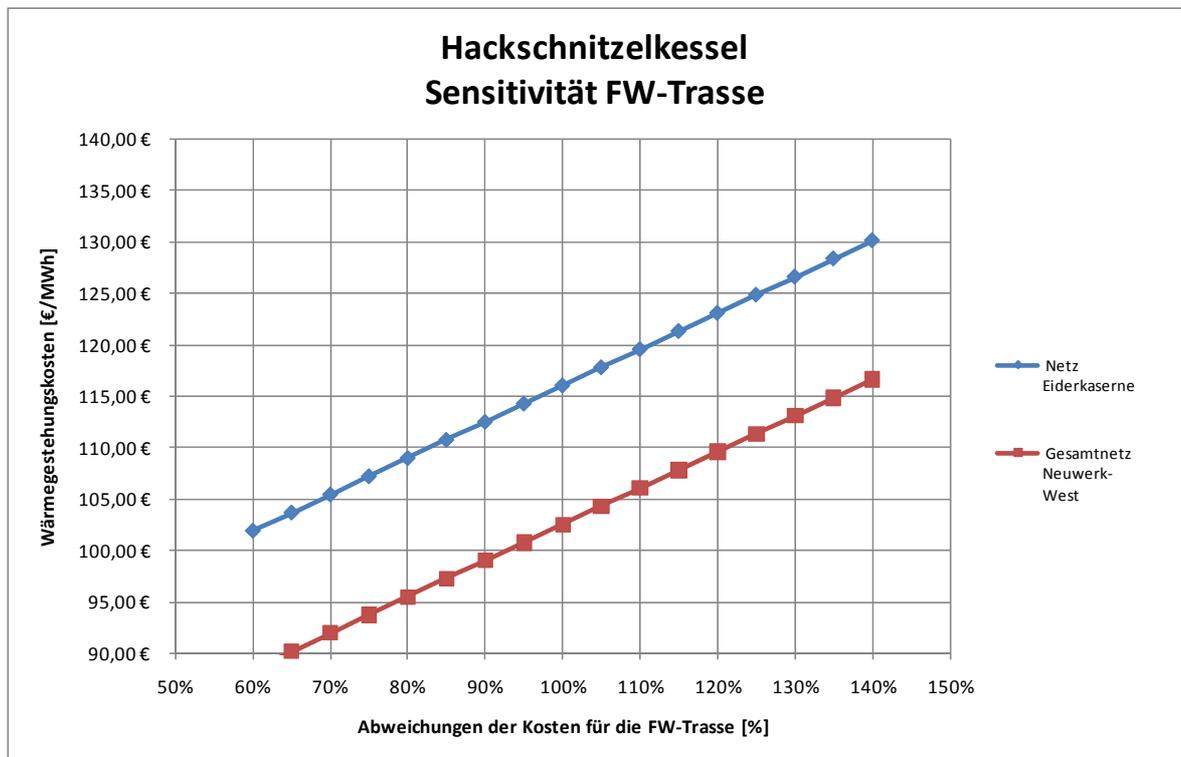
Wie der Sensitivitätsanalyse zu entnehmen ist, sind die Wärmegestehungskosten relativ wenig abhängig vom Brennstoffpreis. Eine Erhöhung des Brennstoffpreises um 10% erhöht die Wärmegestehungskosten um ca. 5%.

Investitionen: Auswirkungen der Investitionen



Eine Änderung der Investitionen wirkt sich sehr wenig auf die Wärmege-
stehungskosten aus. Eine Änderung von 30% der nötigen Investitionen bewegt die Wärme-
gestehungskosten um ca. 10-15% in dieselbe Richtung.

FW-Trasse: Auswirkungen der Investitionen für das Fernwärmenetz



Die Investitionen für das Fernwärmenetz haben auf die Wärmegestehungskosten wie bei den anderen Varianten nur sehr geringe Auswirkungen. Eine Erhöhung der Investitionen um 30% erhöht die Wärmegestehungskosten ebenfalls nur um ca. 5-10%.

7.4 Zusammenfassung Sensitivitätsanalysen

Es kann festgestellt werden, dass eine Abweichung der in Ansatz gebrachten Investitionen in allen Varianten eine geringe Auswirkungen auf die zu erwartenden Wärmegestehungskosten haben. Die benötigten Investitionen für das Fernwärmenetz bilden nur einen kleinen Teil der Gesamtinvestitionen und haben somit noch geringere Auswirkungen als die der Erzeugungstechniken.

Bei der Variante mit einer Versorgung durch Erdgas betriebene Blockheizkraftwerke wurde auch die Sensitivität der Einspeisevergütung (vermiedene Kosten) betrachtet. Diese sind bei einer 100 %igen Einspeisung ins Netz des Energieversorgers gesetzlich geregelt. Bei einer „Eigennutzung“ sind Gutschriften (vermiedene Kosten) in 2 bis 3facher Höhe möglich. Eine derartige Verbesserung der Erträge würde die Wärmegestehungskosten deutlich senken.

Bei den BHKW-Anlagen mit Bioerdgas sind die Vergütungen auf 20 Jahre festgeschrieben und in absehbarer Zeit nicht zum Positiven veränderbar.

Der Brennstoffpreis spielt in beiden BHKW Varianten eine große Rolle. In beiden Varianten mit Biomassefeuerungen ändert eine Variation des Brennstoffpreises um 10% den Wärmepreis nur um ca. 5-10%. Bei der Variante mit BHKW Versorgung bedeutet eine Preissteigerung um 10% einen angestiegenen Wärmepreis von etwa 10-15%. Somit ist auf den ersten Blick das wirtschaftliche Risiko bei einer BHKW Versorgung größer. Schafft man es aber einen günstigen Brennstoffpreis auszuhandeln und einen langfristigen Liefervertrag abzuschließen, ergibt dies auch ein hohes Einsparpotential bei einem kalkulierbaren Risiko.

8. Anlegbare Kosten (dezentrale Anlagen)

Um das Ergebnis der untersuchten Varianten bewerten zu können, wird nachfolgend dargestellt, mit welchen Investitionen und Wärmegestehungskosten beim Endverbraucher bei einer dezentralen Wärmeversorgung (Basis Vollkosten) gerechnet werden muss. In dieser Vollkostenbetrachtung sind alle notwendigen Investitionen und Kosten berücksichtigt, wie z.B. für Brennwertkesselanlage, Solartechnik, Wärmepumpen etc., Schornsteinfeger, Brennstoffpreis und Wartung und Reparatur.

Es ist festzustellen, dass eine zentrale Wärmeversorgung sich nur dann vermarkten lässt wenn die Wärmegestehungskosten unter denen einer vergleichbaren dezentralen Anlage liegen. Die dezentralen Wärmekosten werden auch „anlegbare Kosten“ genannt.

Im Folgenden werden die anlegbaren Kosten für eine dezentrale Versorgung mit einem „Gasbrennwertkessel mit Solarunterstützung“, „Pelletkessel“ und „Geothermienutzung“ aufgezeigt. Die Variante „Gasbrennwertkessel mit Solarunterstützung“ bildet ungefähr das Referenzgebäude nach der EnEV ab. Um Fördermittel in Anspruch nehmen zu können (KfW) müssen die Werte des Referenzgebäudes deutlich unterschritten werden.

8.1 Gaskesselanlage mit Solarunterstützung

Wohnblock 20 WE á 75m² Solarnutzung		
Grundlagen		
Heizwärmebedarf		40 kWh/(m ² a)
Trinkwasserwärmebedarf		12,5 kWh/(m ² a)
Hilfsenergieeinsatz Lüftung		1,1 kWh_el/(m ² a)
Hilfsenergieeinsatz Heizung		0,65 kWh_el/(m ² a)
Hilfsenergieeinsatz Trinkwassererwärmung		0,15 kWh_el/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf		2,85 MWh_el / Jahr
Nutzwärmebedarf Heizung		60,00 MWh / Jahr
Nutzwärmebedarf Warmwasser		18,75 MWh / Jahr
Nutzwärmebedarf - Arbeit		78,75 MWh / Jahr
Nutzwärmebedarf - Leistung als Hausanschlusswert		36 kW_thermisch
Jahresnutzungsgrad dezentrale Kesselanlage		90,00 %/Jahr
Brennstoffbedarf Arbeit		87,50 MWh_Hu / Jahr
(Endverbraucher)	==>	96,25 MWh_Ho / Jahr
	Leistung	39,77 kW_Hu
Umrechnungsfaktor Ho/Hu	1,10 kWh_Ho / kWh_Hu	==> 43,75 kW_Ho
Betriebswirtschaftliche Ansätze		
Erdgaskosten (Tarifkunden)		
Arbeitspreis		5,95 Cent / kWh_Ho
	==>	6,55 Cent / kWh_Hu
Leistungspreis		81,67 € / Monat
Grundkosten / Leistungskosten	==>	980,00 € / Jahr
Hilfsenergiekosten (Strom)		20,00 Cent / kWh_el
Solargrundlagen Ansatz 40MWh Warmwasser Heizkosteneinsparung		
durchschnittliche Sonneneinstrahlung / Jahr		900,00 kWh/m ²
Wirkungsgrad Kollektor Buderus Logasol SKS4.0		85%
benötigte Kollektorfläche		24,51 m ²
benötigte Dachfläche	ca.	70 m ²
Absorberfläche / Modul		2,10 m ²
benötigte Modulanzahl		12 Stück
Ausrichtung	Neigungswinkel	40°
	Ausrichtung	Süden
Aufstellung	4*7 Module, senkrecht	
Verbleibender Nutzwärmebedarf		58 MWh_Hu
Förderung Marktanzreizprogramm		60 € / m ²
Wartung / Reparatur der dezentralen Anlagen		
Reinigung, Wartung und Reparatur	1,00 % / Investitionen	ca. 175,00 € / Jahr
Schornsteinfeger und Emissionsmessung		ca. 80,00 € / Jahr
Investitionen		
Öl-/Gaskesselanlage		ca. 17.500,00 €
Solarmodule	je Modul 927 €	ca. 11.124,00 €
Speicher		ca. 5.000,00 €
Peripherie		ca. 7.000,00 €
Inbetriebnahme, Planung etc.		Solar 4.000,00 €
		Kessel 3.500,00 €
Mehrfamilienhaus	78,75	MWh / Jahr
Kostenvergleich		Kessel + Solarthermie
Kesselteil		17.500 €
Solarteil		23.124 €
Förderungen		1.500 €
Anschluss-, Planungskosten etc.		7.500 €
Jährliche Ausgaben		
Kapitalgebundene Kosten		
Kapitalkosten (annuitätisch) für		
Kesselanteil		1.802 €
Solaranteil		1.885 €
Planung, Anschluss		545 €
Verbrauchsgebundene Kosten		
Hilfsenergiekosten		570 €
Brennstoffkosten / Fernwärmearbeit		4.200 €
Betriebsgebundene Kosten		
Grundkosten / Messpreis		980 €
Reinigung/Wartung/Reparatur/Emissionsmessung/Schornsteinfeger etc.		255 €
Gesamte Ausgaben		10.237 €
Jährliche Wärmekosten		€ / Jahr
		10.237
Spezifische Wärmekosten		€ / MWh_Nutzwärme
		129,99
		€ / m ² / Monat
		0,57
Primärenergiebedarf		70.591
		REFERENZ

8.2 Pelletheizung

Wohnblock 20 WE á 75m²		Holzpelletnutzung	
Grundlagen			
Heizwärmebedarf		40 kWh/(m ² a)	
Trinkwasserwärmebedarf		12,5 kWh/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Lüftung		1,1 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Heizung		0,65 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Trinkwassererwärmung		0,15 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergiebedarf		2,85 MWh_el / Jahr	
Nutzwärmebedarf Heizung		60,00 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf Warmwasser		18,75 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf - Arbeit		78,75 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf - Leistung als Hausanschlusswert		36 kW_thermisch	
Jahresnutzungsgrad dezentrale Kesselanlage		90,00 %/Jahr	
Brennstoffbedarf Arbeit		87,50 MWh_Hu / Jahr	
(Endverbraucher)	==>	96,25 MWh_Ho / Jahr	
Leistung		39,77 kW_Hu	
Umrechnungsfaktor Ho/Hu	1,10 kWh_Ho / kWh_Hu	==>	43,75 kW_Ho
Betriebswirtschaftliche Ansätze			
Abschreibungszeiten			
Zinsen für Endverbraucher		6,00 %/Jahr	
Erdgaskosten (Tarifkunden)			
Arbeitspreis		5,95 Cent / kWh_Ho	
	==>	6,55 Cent / kWh_Hu	
Leistungspreis		81,67 € / Monat	
Grundkosten / Leistungskosten	==>	980,00 € / Jahr	
Pelletkosten		241,00 € / Tonne	
	==>	4,82 Cent / kWh_Hu	
Hilfsenergiekosten (Strom)		20,00 Cent / kWh_el	
Pelletgrundlagen			
Heizwert Holzpellets		5,00 kWh/kg	
Schüttvolumen		650 kg / m ³	
benötigte Pelletmenge		17.500 kg	
Größe Pelletlager		8.000 kg	
Pelletfüllungen / Jahr	ca.	3 Füllungen / Jahr	
Förderung Marktanzreizprogramm		36 € / kW	
Wartung / Reparatur der dezentralen Anlagen Gaskessel			
Reinigung, Wartung und Reparatur	1,00 % / Investitionen	ca.	175,00 € / Jahr
Schornsteinfeger und Emissionsmessung		ca.	80,00 € / Jahr
Wartung / Reparatur der dezentralen Anlagen Pelletkessel			
Reinigung, Wartung und Reparatur	3,00 % / Investitionen	ca.	975,00 € / Jahr
Schornsteinfeger und Emissionsmessung		ca.	100,00 € / Jahr
Investitionen			
Öl-/Gaskesselanlage	inkl. Regelung, Schornstein, Pufferspeicher etc.	ca.	17.500,00 €
Pelletkessel		ca.	13.000,00 €
Pelletspeicher		ca.	5.000,00 €
Pufferspeicher		ca.	3.500,00 €
Peripherie, Regelung etc.		ca.	3.000,00 €
Schornsteinanlage		ca.	8.000,00 €
Inbetriebnahme, Planung, Genehmigung etc.		Pellet	5.500,00 €
		Kessel	3.500,00 €
Mehrfamilienhaus	78,75	MWh / Jahr	
Kostenvergleich			
		Kessel + Solarthermie	Pelletkesselanlage
Kosten Heizungsanlage			32.500 €
Förderungen			1.289 €
Gesamtkosten			31.211 €
Anschluss-, Planungskosten etc.			5.500 €
Jährliche Ausgaben			
Kapitalgebundene Kosten			
Kapitalkosten (annuitätisch) für Kesselanteil			3.214 €
Planung, Anschluss			400 €
Verbrauchsgebundene Kosten			
Hilfsenergiekosten			570 €
Brennstoffkosten / Fernwärmearbeit			4.218 €
Betriebsgebundene Kosten			
Grundkosten / Messpreis			
Reinigung/Wartung/Reparatur/Emissionsmessung/Schornsteinfeger etc.			1.075 €
Gesamte Ausgaben			9.476 €
Jährliche Wärmekosten	€ / Jahr		9.476
Spezifische Wärmekosten	€ / MWh_Nutzwärme	129,99	120,33
	€ / m ² / Monat	0,57	0,53
	Bewertung		93%
Primärenergiebedarf		70.591	17.508
		REFERENZ	25%

8.3 Wärmepumpe

Wohnblock 20 WE á 75m²		Wärmepumpe	
Grundlagen			
Heizwärmebedarf		40 kWh/(m ² a)	
Trinkwasserwärmebedarf		12,5 kWh/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Lüftung		1,1 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Heizung		0,65 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergieeinsatz Trinkwassererwärmung		0,15 kWh_el/(m ² a)	
Hilfsenergiebedarf		2,85 MWh_el / Jahr	
Nutzwärmebedarf Heizung		60,00 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf Warmwasser		18,75 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf - Arbeit		78,75 MWh / Jahr	
Nutzwärmebedarf - Leistung als Hausanschlusswert		36 kW_thermisch	
Jahresnutzungsgrad dezentrale Kesselanlage		90,00 %/Jahr	
Brennstoffbedarf Arbeit		87,50 MWh_Hu / Jahr	
(Endverbraucher)	==>	96,25 MWh_Ho / Jahr	
Leistung		39,77 kW_Hu	
Umrechnungsfaktor Ho/Hu	1,10 kWh_Ho / kWh_Hu	==>	43,75 kW_Ho
Betriebswirtschaftliche Ansätze			
Zinsen für Endverbraucher		6,00 %/Jahr	
Erdgaskosten (Tarifkunden)			
Arbeitspreis		5,95 Cent / kWh_Ho	
	==>	6,55 Cent / kWh_Hu	
Leistungspreis		81,67 € / Monat	
Grundkosten / Leistungskosten	==>	980,00 € / Jahr	
Hilfsenergiekosten (Strom)		20,00 Cent / kWh_el	
Stromkosten (Geothermie)		15,00 Cent / kWh_el	
Geothermiegrundlagen			
Kosten Erdwärmesonde	ca.	1.000 € / kW	
Leistungszahl		4,3	
Benötigte elektrische Energie		20 MWh_el / Jahr	
Wartung / Reparatur der dezentralen Anlagen Gaskessel			
Reinigung, Wartung und Reparatur	1,00 % / Investitionen	ca.	175,00 € / Jahr
Schornsteinfeger und Emissionsmessung		ca.	80,00 € / Jahr
Wartung / Reparatur der dezentralen Anlagen Geothermie			
Reinigung, Wartung und Reparatur	1,00 % / Investitionen	ca.	710,00 € / Jahr
Investitionen			
Erdwärmesonde	ca.	35.000,00 €	
Wärmepumpe	ca.	20.000,00 €	
Pufferspeicher	ca.	5.000,00 €	
Mehrkosten Heizkörperflächen	ca.	8.000,00 €	
Peripherie, Regelung etc.	ca.	3.000,00 €	
Inbetriebnahme, Planung, Genehmigung etc.	Geothermie	8.000,00 €	
	Kessel	3.500,00 €	
Mehrfamilienhaus	78,75	MWh / Jahr	
Kostenvergleich		Kessel + Solarthermie	Geothermieanlage
Kesselanlage			71.000 €
Anschluss-, Planungskosten etc.			8.000 €
Jährliche Ausgaben			
Kapitalgebundene Kosten			
Kapitalkosten (annuitätisch) für			
Kesselanteil			7.310 €
Planung, Anschluss			581 €
Verbrauchsgebundene Kosten			
Hilfsenergiekosten			570 €
Brennstoffkosten / Fernwärmearbeit			3.052 €
Betriebsgebundene Kosten			
Grundkosten / Messpreis			
Reinigung/Wartung/Reparatur/Emissionsmessung/Schornsteinfeger etc.			710 €
Gesamte Ausgaben			12.224 €
Jährliche Wärmekosten € / Jahr			
Spezifische Wärmekosten		129,99	155,22
€ / m ² / Monat		0,57	0,68
Bewertung			119%
Primärenergiebedarf		70.591	54.942
		REFERENZ	78%

8.4 Zusammenfassung der anlegbaren Kosten

Anlegbare kosten	Anlegbare kosten	€/ (m ² + Monat)	Primärenergiebedarf
Solarnutzung (Referenz)	130,0 € / MWh	0,57 €	70.600 kWh / a
Pelletkessel	120,3 € / MWh	0,53 €	17.500 kWh / a
Geothermienutzung	155,2 € / MWh	0,68 €	54.900 kWh / a

Tabelle 8.4-1: Anlegbare Kosten auf Basis EnEV 2009

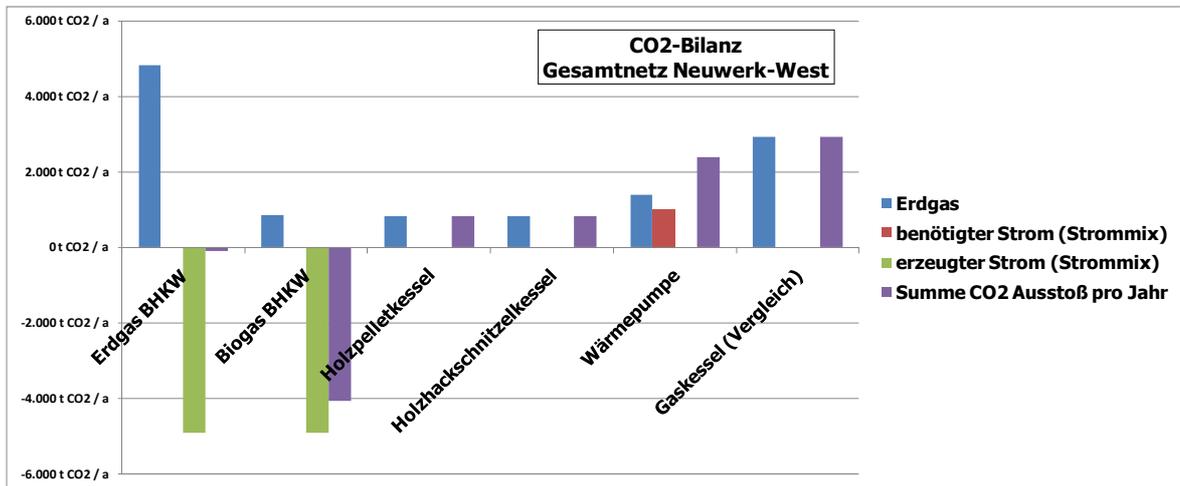
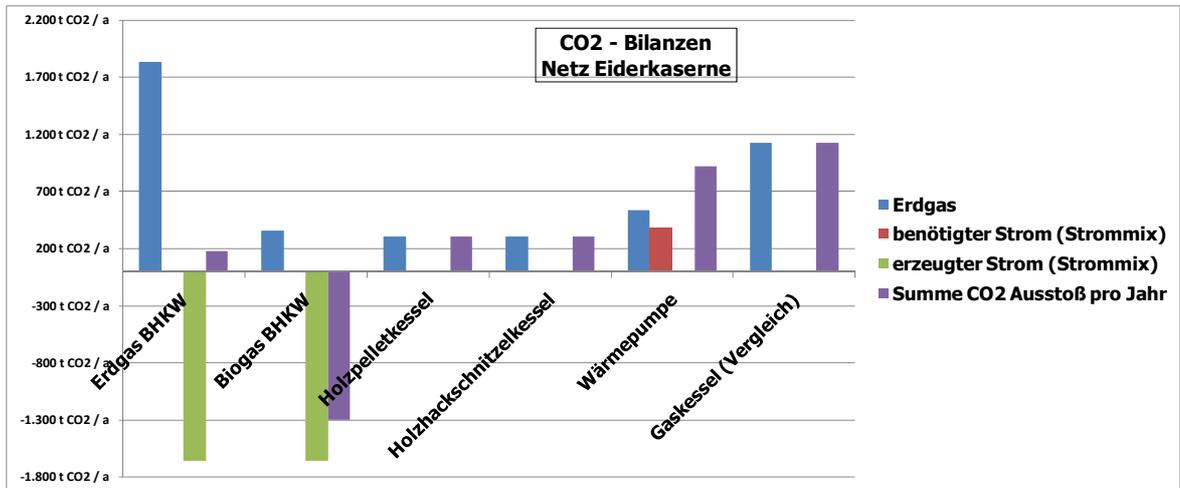
Wie aus den durchgeführten Berechnungen zu ersehen ist, ist eine dezentrale Versorgung mit solarer Heizungsunterstützung die technisch einfachste Methode die Vorgaben der EnEV einzuhalten. Jedoch werden so nicht die günstigsten Wärmegestehungskosten erreicht und durch den zu erwartenden Primärenergiebedarf sind keine Förderung durch KfW-Mittel im Bereich der Baufinanzierung möglich bzw. zu erwarten.

Der Einsatz einer reinen Gasbrennwertkesselanlage allein bietet zwar recht günstige Wärmegestehungskosten, erfüllt aber nicht die Forderungen der EnEV (bzw. EEWärmeG) und ist somit nicht mehr Betrachtungsrelevant.

Eine Nutzung von Holzpellets oder einer Wärmepumpe erfüllt alle gesetzlichen Vorgaben und bietet ermöglicht die Einwerbung von Fördermitteln beim Bau. Die Geothermienutzung ist jedoch die Variante mit den höchsten Wärmegestehungskosten.

Als günstige Variante stellt sich der Einsatz von Holzpellets, mit Wärmegestehungskosten von unter ca. 120€ pro MWh Nutzwärme, dar. Dabei ist aber zu beachten, dass der Platzbedarf in der Heizzentrale (Keller) deutlich größer ist als bei den anderen untersuchten Varianten. Bei einer mittelgroßen Auslegung des Pelletlagers muss bis zu 6 mal jährlich eine Holzpelletlieferung erfolgen.

9. CO₂-Bilanzen



Die Werte bei den BHKW-Varianten stellen sich besonders günstig dar, da die vermiedenen CO₂ Emissionen der Stromerzeugung im Kraftwerk (Strommix) als „Gutschrift“ betrachtet werden. Da bei den Varianten mit Bioerdgas der Brennstoff mit „0-Emissionen“ eingesetzt wird erhält man eine negative Bilanz. Die „Holzvarianten“ liegen mit ihrem ebenfalls CO₂-neutralen Brennstoff etwas über dem Bereich des Erdgas-BHKW's. Allgemein zeigt sich, dass die Struktur der CO₂-Emissionen in der kleinen und großen Variante, auf Grund gleicher Auslegungsansätze, in etwa gleich aussieht. In der Variante mit einem großen Gesamtnetz ist zu erkennen, dass das größere BHKW eine höhere Stromproduktion, bedingt durch den besseren elektrischen Wirkungsgrad, ausweist. Somit wird mit dieser Variante eine negative CO₂ Bilanz erreicht.

10. Zusatzbetrachtung Solarunterstützung

Zusätzlich zu den bisherigen Varianten wurde untersucht ob es wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll ist auf der Heizzentrale eine zusätzliche Solarthermieanlage zu installieren. Das Ziel dieser Zusatzbetrachtung ist, herauszufinden ob die solare Wärme genutzt werden kann um die Wärmeverluste des Netzes im Sommer auszugleichen.

Diese Betrachtung wurde exemplarisch an der „kleinen“ Versorgung des ehemaligen Kasernen Geländes, mittels einer BHKW Anlage, berechnet.

Bei der Auslegung der Anlage ergibt sich eine ungefähre Anzahl von 36 Modulen bei einer geschätzten Dachfläche von 225m² auf der Heizzentrale. Folgende Bilanzen ergeben sich nach der Auslegung:

		Variante BHKW-Solar	
Bilanzen		Netz Eiderkaserne	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	5.180	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca.	2.260	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	4.400	MWh _{Nutz} / Jahr
JVBS	ca.	2.290	Stunden / Jahr
Solarmodule			
Wirkungsgrad	ca.	80%	
Absorberfläche 3 Reihen, á 13 Module	ca.	90	m ²
Sonneneinstrahlung Rendsburg	ca.	900	kWh/(m ² *Jahr)
Wärmeertrag	ca.	65	MWh/Jahr
BHKW			
Typ		2x 2G-KWK-200EG	
Elektrische Leistung	ca.	400	kW _{el}
Thermische Leistung	ca.	522	kW _{th}
Gesamtwirkungsgrad	ca.	83%	
Brennstoffleistung	ca.	1.106	kW _{Hu}
Gesamte erzeugte elektrische Arbeit		2.584	MWh _{el} /a
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.	3.372	MWh _{th} /a
Brennstoffbedarf	ca.	7.144	MWh _{Hu} /a
Kesselanlage			
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	1.743	MWh/a
Eta Kesselanlage ca.	90%		
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	1.940	MWh _{Hu} /a
Primärenergiefaktor		0,69	
Gesamt CO ₂ -Bilanz		212	t CO ₂ / Jahr

Wie in den Bilanzen zu erkennen ist, bieten 36 Solarthermiemodule mit einer Absorberfläche von ca. 90m² nur einen sehr geringen Wärmeertrag. Die Netzverluste von ca. 700MWh / Jahr lassen sich somit nur zu etwas mehr als 10% decken. Diese geringe Ausbeute hat keinen größeren Einfluss auf den Primärenergiefaktor und auf eine mögliche CO₂ Einsparung.

Für diese Anlage ergeben sich die folgenden Investitionen:

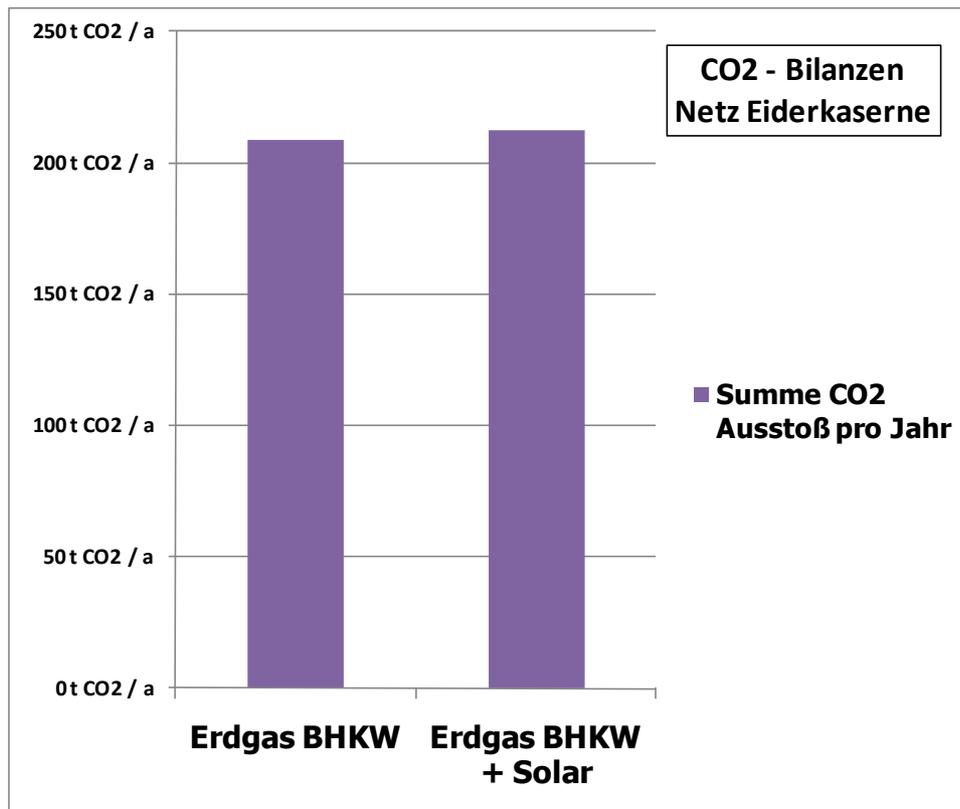
		Variante BHKW + Solar
Investitionen		Netz Eiderkaserne
Unvorhergesehenes	10%	
Planung, Gutachten etc.	10%	
Invest Solar-Module	ca.	50.000 €
Peripherie, Aufständering etc.	ca.	20.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	7.000 €
Zwischensumme	ca.	77.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	7.700 €
Gesamt Investition Solar-Anlage		84.700 €
Invest BHKW-Modul	ca.	300.000 €
Wärmespeicher-Größe	ca.	25 m ³
Wärmespeicher kosten	ca.	25.000 €
Elektrische Anbindung, Trafo, etc.		25.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	35.000 €
Zwischensumme	ca.	385.000 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	38.500 €
Gesamte Investitionen BHKW	ca.	423.500 €
Investitionen Kesselanlagen und Peripherie		
Benötigte Kesselleistung	ca.	2.260 kW
Installierte Kesselleistung	ca.	2.300 kW
Investition Kessel	ca.	322.000 €
Schornsteinanlage, inkl. Anbindung, Fundament etc.		100.000 €
Heizhaus inkl. Peripherie ca. 15x15m	ca.	130.000 €
Zwischensumme	ca.	552.000 €
Unvorhergesehenes	ca.	55.200 €
Zwischensumme	ca.	607.200 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	60.720 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.	667.920 €
Investition Fernwärmetrassen		
FW-Länge	ca.	4.425 m
Investitionen Trasse	ca.	1.770.000 €
Investition FW-Übergabestationen		420.000 €
Trassenförderung KWKG	50 €/m	221.250 €
Zwischensumme	ca.	1.968.750 €
Unvorhergesehenes	ca.	196.875 €
Zwischensumme	ca.	2.165.625 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	216.563 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	2.382.188 €
Gesamte Investitionen	ca.	3.558.300 €

Mit diesen zusätzlichen Investitionen ergeben sich die folgenden Wärmegestehungskosten:

	Variante Erdgas BHKW	
Wärmegestehungskosten Erdgas	Netz Eiderkaserne	Dimension
Grundlagen		
Netzwärmebedarf	5.180	MWh_th
Nutzwärmebedarf	4.400	
Wärmeerzeugung BHKW	3.372	MWh_th
Stromerzeugung BHKW	2.584	MWh_el
Brennstoff BHKW	7.144	MWh_Hu
Brennstoff Gaskessel	1.940	MWh_Hu
Brennstoff gesamt Gas	9.084	MWh_Hu
Investitionen	3.558.308	€
Solaranlage	84.700	€
BHKW	423.500	€
Gaskesselanlage und Peripherie	667.920	€
Fernwärmetrassen	2.382.188	€
Jährliche Ausgaben	757.133	€/Jahr
Kapitalkosten Solaranlage	8.160	€/Jahr
Kapitalkosten BHKW	40.801	€/Jahr
Kapitalkosten Kessel etc.	53.596	€/Jahr
Kapitalkosten FW-Trassen	154.965	€/Jahr
Personalkosten	3.650	€/Jahr
Wartung, Reparatur, Instandsetzung		
Solaranlage	2.118	€/Jahr
BHKW	5.168	€/Jahr
Heizungsanlage	5.379	€/Jahr
FW-Trassen	11.911	€/Jahr
Gebäude	1.300	€/Jahr
Steuern/Versicherung	35.583	€/Jahr
Brennstoffkosten		
BHKW	348.127	€/Jahr
Kessel	94.536	€/Jahr
Gutschriften	185.080	€/Jahr
Stromgutschrift gemäß KWKG-Gesetz	137.164	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung BHKW-Betrieb	43.221	€/Jahr
Energiesteuerrückerstattung Erdgaskessel	4.695	€/Jahr
Wärmegestehungskosten	572.050	€/Jahr
Wärmegestehungskosten	130,00	€/MWh_th

Wie in der oben stehenden Tabelle zu erkennen, ändert sich durch den Einsatz der Solaranlage der Wärmepreis (trotz optimaler Ansätze) nur marginal. Eine Wirtschaftlichkeit dieser Variante ist nicht zu erwarten, da die Solaranlage im Sommer der BHKW-Anlage Grundlast entzieht und die tatsächlichen Auswirkungen nur ungenügend abgeschätzt werden können.

Im Folgenden werden die CO₂-Bilanzen für diese Betrachtung aufgezeigt:



Durch den Einsatz der Solaranlage, wird weniger Wärme von der BHKW Anlage benötigt. Der somit weniger erzeugte Strom, ist in der CO₂-Bilanz als CO₂-Gutschrift zu betrachten. Dies führt dazu, dass die CO₂-Bilanz durch die Solarnutzung schlechter wird.

Aus den vorhergehenden Betrachtungen geht somit hervor, dass der zusätzliche Solareinsatz auf der Heizzentrale weder wirtschaftlich, noch ökologisch zu empfehlen ist. Diese Nebenvariante wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

11. Photovoltaik

In der folgenden Betrachtung wurde der Einsatz von Photovoltaik Technik im Gebiet der ehemaligen Eiderkaserne in Rendsburg untersucht.

In diesem exemplarischen Beispiel wurde ein beliebiges Flachdach mit einer Größe von 200m² als Grundlage verwendet. Diese Fläche könnte sowohl auf Wohn- als auch auf Gewerbebauten sein. Mit Hilfe der momentan üblichen Marktpreise und der folgenden Grundlagen wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Grundlagen/Ansätze Photovoltaik	
Standort:	Rendsburg
Neigung:	30 °
Azimut	0° Süd/Ost
Gesamtfläche	200 m ²
Solarmodul:	
Modulpreis	2500 €/kWp
Nutzbare Fläche	80 m ²
spezifische Nennleistung	0,1 kWp/m ²
Stromerzeugung spezifisch:	830 kWh/kWp
Degradation über 20 Jahre	5 %

Betriebswirtschaftliche Ansätze	
Kapitaldienst:	
Zinssatz	4,50 %/a
Abschreibungen	20 a
Annuitätsfaktor	7,69% /a
Wartungskosten/Versicherung	1,0%
Steuern	0,5%
Stromeinspeisevergütung nach EEG für Dachanlagen	
Inbetriebnahme 2011 (Stand 02.2010)	36,01 Cent/kWh

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung		
		2011
Inbetriebnahme		
Gesamte Leistung der Anlage	kWp	8,00
Stromerzeugung	kWh_el	6.640
Investitionen		
PV-Anlage	€	20.000
Unvorhergesehenes (ca. 5% der o.a. Invest.)	€	1.000
gesamt:	€	21.000
Jahreskosten		
Kapitaldienst	€/a	1.614
Wartung/Versicherung	€/a	210
Steuern	€/a	105
gesamt:	€/a	1.929
Stromeinspeisung	€/a	2.391
Unterdeckung/Überschuss	€/a	462

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt bei einer Investitionssumme von ca. 21.000€ einen jährlichen Überschuss von 462€. Dies entspricht einer Rendite von ca. 7,5%. Diese Rendite hängt nur von zwei Variablen ab. Zunächst von der Sonneneinstrahlung. Diese ist im Gebiet Rendsburg mit 830 kWh/kWp am unteren Ende der Skala bei einer Deutschlandweiten Betrachtung. Da an der Sonneneinstrahlung keine Variation möglich ist und die Einspeisevergütung gesetzlich vorgegeben ist entscheiden nur die Modulpreise (incl. aller erforderlichen Komponenten wie Gleichrichter, Aufständerung, Verkabelung, Einspeisung, Zählung etc.) die Höhe der Rendite.

12. Betreibermodell

Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Betreibermodelle für eine Wärmeversorgung denkbar. Zum einen wäre dies im Falle einer dezentralen Wärmeversorgung – wo jedes Gebäude eine eigene Anlage erhält - die Wärmeversorgung in Eigenregie durch den Eigentümer der Liegenschaften durchzuführen (z.B. Hausmeister-Modell). Im Falle einer zentralen Wärmeversorgung sind Errichtung und Betrieb durch einen externen Dienstleister (z.B. Stadtwerke) zu empfehlen.

Um ein Gebiet dieser Größenordnung zentral mit Wärme zu versorgen bietet sich das Modell des „Wärmecontracting“ an. Kern des Geschäfts ist die Auslagerung der Investitionen für die Errichtung, oder Modernisierung, von zentralen Heizungsanlagen vom Gebäudeeigentümer an den Contractor (Betreiber). Der Hauseigentümer räumt dem Contractor in einem Wärmeliefervertrag das exklusive Recht ein die Liegenschaft, oder ein Gebiet mit Wärme zu versorgen. In der Regel haben diese Verträge eine lange Laufzeit, um beiden Parteien einen gesicherten Wärmepreis zu garantieren. Der Contractor ist so in der Lage seine Investitionen auf 10 bis zu 20 Jahresraten aufzuteilen.

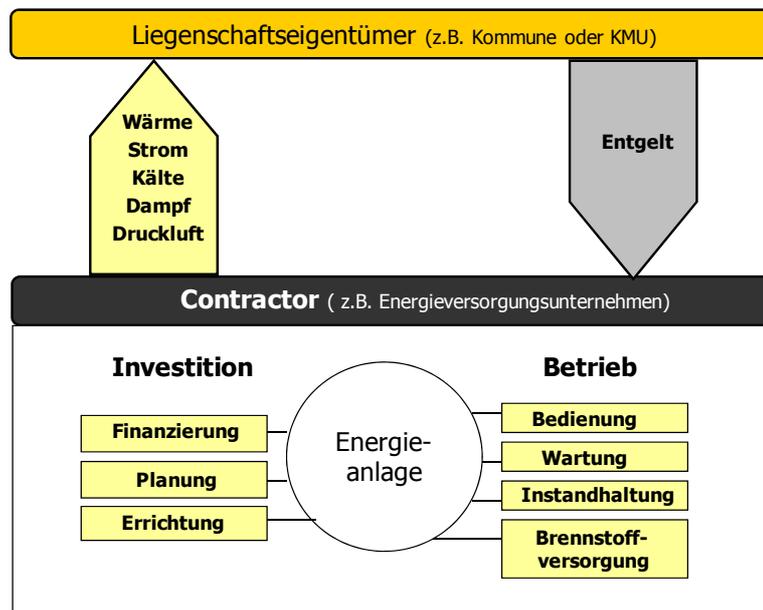


Abbildung 11-1: Schema Contractingmodell

13 Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Eine nachhaltige Energieversorgung geht zwingend einher mit einem umweltbewussten und ressourcenschonenden Umgang mit der zur Verfügung stehenden Primärenergie. Neben der dadurch erzielbaren **Minderung der CO₂-Emissionen** gibt es auch wirtschaftliche Gründe für eine Steigerung der Energieeffizienz. Durch Energieeffizienzmaßnahmen kann der Energiebedarf gesenkt werden, wodurch Kosten gedämpft und das kommunale Budget entlastet wird.

Aus diesen Gründen wurden die kommunalen Gebäude im Bereich des Stadtumbaugebietes Neuwerk-West / Stadtpark (ehemalige Eiderkaserne) einer Untersuchung zur Optimierung der Effizienzsteigerung unterzogen. Im Einzelnen sind dies:

- Hohes und Niederes Arsenal mit Stadtbücherei, Veranstaltungsräumen und Volkshochschule,
- Grund- und Gemeinschaftsschule der Stadt Rendsburg, Standort Altstadt,
- Herderschule,
- Kindertagesstätte „Stadtpark“,

Da die Stadt Rendsburg seit Jahren ein Energiemanagement und Energiecontrolling für die kommunalen Liegenschaften betreibt, wurden und werden Sanierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fortlaufend durchgeführt. Die untersuchten Gebäude sind aus energetischer Sicht dementsprechend in einem guten bis sehr guten Zustand, so dass im Rahmen der durchgeführten Untersuchung nur wenige zusätzliche Maßnahmen vorgeschlagen werden konnten.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Untersuchungsergebnisse aus Gründen der Übersichtlichkeit zusammengefasst dargestellt. **Die ausführlichen Maßnahmenkataloge sind im Anhang zu finden.**

13.1 Systematik der Maßnahmenkataloge

Maßnahmenkataloge bieten eine Grundlage für Investitionsentscheidungen und dienen der Prioritätensetzung bei Investitionen und sind damit ein wichtiges Instrument zur Senkung der Energiekosten. Die Maßnahmen zur Effizienzsteigerung werden je nach Kosten-/Nutzenverhältnis in drei Kategorien eingeteilt:

➤ **Kategorie A:**

- Geringinvestive Maßnahmen, zumeist nur Arbeitsstunden.
- Maßnahme kann in Eigenleistung durchgeführt werden.
- mit wenig oder keinen Investitionskosten verbunden.
- kurze Amortisationszeit.

➤ **Kategorie B:**

- Investive, wirtschaftliche Maßnahme.
- Finanzierung durch Kosteneinsparung.
- Amortisationszeit liegt innerhalb der technischen Lebensdauer.

➤ **Kategorie C:**

- Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird.
- Maßnahme ist gekoppelt an eine aus baulichen Gründen notwendige Sanierungsmaßnahme.
- Energetische Optimierung geht über den üblichen Stand der Technik bzw. die gesetzlichen Anforderungen hinaus.

13.3 Hohes und Niederes Arsenal



Anschrift: Hohes und Niederes Arsenal
Arsenalstraße 10
24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1875
Beheizbare BGF:	9.618 m ²
Wärmebedarf:	928.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	303.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh

Zusammenfassung der Maßnahmen:

Kat.	Priorität	Beschreibung	Investitionen	Einsparungen				Amortisationszeit [Jahre]
				kWh _{el} /a	kWh _{th} /a	€/a	kg CO ₂ /a	
B	B.1	Präsenzmelder für Flur der VHS	360 €	680	-	120 €	430	3,0
B	B.2	Austausch der Heizungspumpen	12.000 €	15.300	-	2.650 €	3.090	4,5
		SUMME	12.360 €	15.980	-	2.770 €	3.520	-

Art der Maßnahme:

- A geringinvestive Maßnahme
- B investive, wirtschaftliche Maßnahme, die sich durch Einsparungen trägt
- C Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird

13.3 Herderschule



Anschrift: Herderschule
Am Stadtsee 11-17
24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1960
Beheizbare BGF:	10.209 m ²
Wärmebedarf:	1.380.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	230.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh

Zusammenfassung der Maßnahmen:

Kat.	Priorität	Beschreibung	Investitionen	Einsparungen				Amortisationszeit [Jahre]
				kWh _{el} /a	kWh _{th} /a	€/a	kg CO ₂ /a	
A	A.1	Energiesparprojekt	3.000 €	11.500	69.000	5.900 €	21.160	0,5
C	C.1	Fenstersanierung Eingangsbereich	5.000 €	-	2.400	140 €	480	36
		SUMME	8.000 €	11.500	-	6.040 €	21.640	-

Art der Maßnahme:

- A geringinvestive Maßnahme
- B investive, wirtschaftliche Maßnahme, die sich durch Einsparungen trägt
- C Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird

13.4 Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt



Grund- u. Gemeinschaftsschule der Stadt Rendsburg

An der Bleiche 1
24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1895
Beheizbare BGF:	9.026 m ²
Wärmebedarf:	1.100.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	184.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh

Zusammenfassung der Maßnahmen:

Kat.	Priorität	Beschreibung	Investitionen	Einsparungen				Amortisationszeit [Jahre]
				kWh _{el} /a	kWh _{th} /a	€/a	kg CO ₂ /a	
A	A.1	Energiesparprojekt	3.000 €	9.200	55.000	4.700 €	16.890	0,6
B	B.1	Präsenzmelder für Flur Sporthalle	1.800 €	720	-	120 €	150	15,0
B	B.2	Sanierung der Fernwärmeleitungen	40.000 €	-	59.200	3.400 €	11.960	11,8
C	C.1	Fenstersanierung	40.000 €	-	19.400	1.110 €	3.920	36,0
SUMME			84.800 €	9.920	133.600	9.330 €	32.920	-

Art der Maßnahme:

- A geringinvestive Maßnahme
- B investive, wirtschaftliche Maßnahme, die sich durch Einsparungen trägt
- C Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird

13.4 Kita „Stadtpark“



Anschrift: Kita "Stadtpark"
An der Untereider 17
24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1973
Beheizbare BGF:	818 m ²
Wärmebedarf:	115.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	13.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,198 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh

Zusammenfassung der Maßnahmen:

Kat.	Priorität	Beschreibung	Investitionen	Einsparungen				Amortisationszeit [Jahre]
				kWh _{el} /a	kWh _{th} /a	€/a	kg CO ₂ /a	
B	B.1	Dachdämmung	27.000 €	-	54.170	3.090 €	10.940	8,7
		SUMME	27.000 €	0	54.170	3.090 €	10.940	-

Art der Maßnahme:

- A geringinvestive Maßnahme
- B investive, wirtschaftliche Maßnahme, die sich durch Einsparungen trägt
- C Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird

14. Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise

Die Stadtplanung sieht vor das ehemalige Kasernengelände der Eiderkaserne Rendsburg im Zuge der nächsten Jahre komplett neu zu strukturieren. Zu einer zeitgemäßen Wohnqualität gehören heute aber auch ein geringer Wärmebedarf und eine umweltschonende Bereitstellung der benötigten Endenergie.

In dem vorliegenden Energiekonzept wurden dem heutigen Stand der Technik entsprechenden Erzeugungstechniken untersucht und dargestellt. Es erfolgte die Betrachtung von individuellen dezentralen Erzeugungsanlagen wie z.B. eine moderne Gas-Brennwerttechnik mit solarer Brauchwassererwärmung und solarer Unterstützung der Heizung, der Einsatz von Wärmepumpen oder die Verwendung des wieder in Mode gekommenen Brennstoffes Holz in Form von Pellets und Hackschnitzel.

Die durchgeführten Betrachtungen zeigen, dass auch eine zentrale Erschließung des Gebietes mit Wärme unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten darstellbar ist. Der Vorteil der zentralen Erschließung ist darin zu sehen, dass durch die Bereitstellung eines günstigen Primärenergiefaktors (BHKW, Holz etc) Fördermöglichkeiten bei der Errichtung des Gebäudes im Bereich der Finanzierung (KfW-Mittel) in Anspruch genommen werden können. **Bei einer solchen zentralen Versorgung müssen entsprechend heutiger Gesetzeslage keine umweltschonenden Maßnahmen (Solar, Wärmepumpen, Holz, BHKW) mehr im Bereich der Wohngebäude durchgeführt werden. Alle Anforderungen des Gesetzgebers und die von möglichen Fördermittelgebern werden im vollen Umfang im Bereich der zentralen Erzeugung erfüllt.**

Da die Errichtung und der Betrieb einer komplexen zentralen Erzeugung von Wärme nicht das Kerngeschäft der Stadtverwaltung ist, sollte diese Aufgabe einem externen Dienstleister (z.B. Stadtwerke) übertragen werden. Auf Basis eines Contractingmodells errichtet und finanziert dieser die Versorgungsstruktur (Fernwärmetrassen), das Gebäude (Heizzentrale) und die Erzeugungsanlagen (Kessel, BHKW etc.). Er stellt den Investoren der Wohngebäude einen günstigen Primärenergiefaktor zur Verfügung, betreibt die Anlagen, unterhält die technischen Anlagen (Wartung / Reparatur / Instandsetzung etc.) und führt die Wärmeabrechnungen mit den Abnehmern direkt durch.

Mit der Errichtung einer zentralen Versorgung ist der wirtschaftliche Einsatz umweltschonender Erzeugungstechniken und die Nutzung regenerativer und nachwachsender Rohstoffe möglich. Die Verfeuerung von Holz/Bioerdgas könnte u.U. auch mit einer teilweisen Entkopplung von den fossilen Brennstoffen erfolgen, d.h. der Wärmepreis wäre nur anteilig an den Preis für fossile Brennstoffe gebunden.

In dem vorliegenden integrierten Wärmenutzungskonzept wurden verschiedene Wärmeversorgungsvarianten hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Realisierbarkeit untersucht. Hierbei wurden sowohl ökologische Aspekte (**Minderung der CO₂-Emissionen**) als auch ökonomische Aspekte (Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Preisstabilität) berücksichtigt.

Für eine dezentrale Versorgung wurden die Varianten

- Brennwertechnik mit Solarthermieunterstützung (Heizung und Brauchwassererwärmung),
- Holzpelletfeuerung,
- Wärmepumpe,

und als Grundlasttechnologie für die zentralen Betrachtungen die Varianten

- BHKW mit Erdgas und Alternativ mit „Bioerdgas“,
- Holzfeuerung (Pellet und Hackschnitzel),
- Geothermieanlage,

jeweils mit einem zusätzliche Spitzenlastkessel (Brennstoff Erdgas) untersucht.

Es ist festzustellen, dass eine zentrale Wärmeversorgung sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht folgende Vorteile bietet:

- Größtes CO₂-Minderungspotential, bis hin zu einer CO₂-neutralen Wärmeversorgung,
- Kostengünstiger als eine dezentrale Versorgung,
- Teilweise Entkopplung von fossilen Brennstoffen ermöglichen kann.

Eine zentrale Wärmeversorgung mittels eines mit aufbereitetem Biogas („Bioerdgas“) befeuerten BHKW bietet sowohl die beste CO₂-Bilanz als auch den günstigsten Wärmepreis unter den betrachteten Varianten. Durch den CO₂-neutralen Brennstoff Bioerdgas und der durch die Stromeinspeisung des BHKWs vermiedenen Emissionen in konventionellen Kraftwerken ergeben sich in der CO₂-Bilanz dieser Variante „negative“ CO₂-Emissionen, d.h. dass mehr CO₂-Emissionen vermieden als erzeugt werden. Durch diesen Effekt könnte ein Teil der durch den Stromverbrauch des Gebietes entstehenden Emissionen in der gesamten CO₂-Bilanz neutralisiert werden.

Darüber hinaus erscheint diese Versorgungsvariante besonders interessant durch ihren günstigen Primärenergiefaktor. Dieser Faktor spielt hinsichtlich einiger Fördermöglichkeiten eine entscheidende Rolle für mögliche Investoren (KfW Finanzierungen). **Entscheidend** für einen wirtschaftlichen Betrieb sind hierbei die **Verfügbarkeit** und der **Preis** des Bioerdgases. Derzeit werden jedoch überwiegend nur kurzfristige Lieferverträge angeboten, was dementsprechende Risiken hinsichtlich der Bezugskonditionen beinhaltet.

Sollte der Brennstoff Bioerdgas nicht oder nur zu einem unwirtschaftlichen Preis zur Verfügung stehen, erscheint eine Versorgung mit einem Erdgas-BHKW unter ökologischen Gesichtspunkten durch den gleichen Primärenergiefaktor sowie eine ebenfalls nahezu CO₂-neutrale Klimabilanz die beste Alternative zu sein.

Die Versorgungsvarianten mit einer Holzfeuerung bieten zwar eine kostengünstigere Alternative zum Erdgas-BHKW, weisen aber eine schlechtere Klimabilanz auf, da hier im Vergleich zur Kraft-Wärme-Kopplung der BHKW-Variante kein Strom erzeugt werden kann. Im Falle der Realisierung einer Holzhackschnitzel-Feuerungsanlage könnte ca. 10% des Brennstoffbedarfes durch die Nutzung des im Bereich des Umwelt- und Technikhofes anfallenden Holzes gedeckt werden, was aber nur sehr geringe Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten hätte.

Aufgrund des kurzfristigen Erschließungshorizontes sowie des noch nicht abschließend feststehenden Bebauungs-/Sanierungskonzeptes des ehemaligen Kasernengeländes wird – ein Interesse der Stadtwerke vorausgesetzt - empfohlen, die Wärmeversorgung sukzessive vom bestehenden Wärmenetz der Stadtwerke Rendsburg aus zu erschließen. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung ist, dass für die ersten zu versorgenden Gebäude bereits eine Wärmeversorgung mit günstigem Primärenergiefaktor zur Verfügung steht.

Anhang A

Maßnahmenkatalog für das Hohe und Niedere Arsenal



Anschrift: Hohes und Niederes Arsenal
 Arsenalstraße 10
 24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1875
Beheizbare BGF:	9.618 m ²
Wärmebedarf:	928.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	303.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh
Emissionsfaktor Strom:	628 g CO ₂ /kWh
Emissionsfaktor verdrängter Brennstoff (Erdgasäquivalent):	202 g CO ₂ /kWh

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für das Hohe und Niedere Arsenal

Maßnahme: Präsenzmelder für Flur der VHS

Beschreibung: Installation von Präsenzmeldern im Flur der Volkshochschule zur Steuerung der Beleuchtung

Kategorie: B (investive, wirtschaftliche Maßnahme)

Ansatz:

Leistung der Beleuchtung: 900 W
 Benutzungsstunden pro Jahr: 1000 Stunden/Jahr
 Ansatz Einsparpotential: 75%

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/Stk.	Gesamtpreis
Präsenzmelder für Flur der VHS	Stk.	2	180 €	360 €
			SUMME:	360 €

Einsparungen:

Einsparung elektrische Arbeit ca.: 680 kWh / Jahr

Einsparung CO₂-Emissionen ca.: 430 kg CO₂ / Jahr

Einsparungen Energiekosten ca.: 120 € / Jahr

Amortisationszeit: 3,0 Jahre

Maßnahmenkatalog für das Hohe und Niedere Arsenal

Maßnahme: Austausch der Heizungspumpen
Beschreibung: Austausch der unregelmäßig arbeitenden Heizungspumpen durch geregelte Hocheffizienzpumpen

Kategorie: B (investive, wirtschaftliche Maßnahme)

Ansatz:
 Durchschnittliche Leistungsaufnahme der unsanierten Pumpen: 250 W
 Benutzungsstunden pro Jahr: 8760 Stunden/Jahr
 Ansatz Einsparpotential: 70%

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/Stk.	Gesamtpreis
Austausch der Heizungspumpen	Stk.	10	1.200 €	12.000 €
			SUMME:	12.000 €

Einsparungen:

Einsparung elektrische Arbeit ca.:	15.300 kWh / Jahr
Einsparung CO ₂ -Emissionen ca.:	3.090 kg CO ₂ / Jahr
Einsparungen Energiekosten ca.:	2.650 € / Jahr
Amortisationszeit:	4,5 Jahre

Bereits durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen:

Die Gebäude des Hohen und Niederen Arsens wurden Anfang der 90er Jahre vollständig und sehr umfangreich saniert. Die technischen Anlagen, die Wärmedämmung und die Fenster sind dementsprechend in einem guten Zustand.

Seither wurden keine weiteren Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

Anhang B

Maßnahmenkatalog für die Herderschule



Anschrift: Herderschule
 Am Stadtsee 11-17
 24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1960
Beheizbare BGF:	10.209 m ²
Wärmebedarf:	1.380.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	230.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh
Emissionsfaktor Strom:	628 g CO ₂ /kWh
Emissionsfaktor verdrängter Brennstoff (Erdgasäquivalent):	202 g CO ₂ /kWh

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Herderschule

Maßnahme: Energiesparprojekt

Beschreibung: Durchführung eines Schulprojektes zum Thema "Energiesparen".
Ziel des Projektes ist die Reduzierung des nutzerabhängigen Teils des Energiebedarfes. Erfahrungen haben gezeigt, dass durch Änderung des Nutzerverhaltens bis zu 10% des Energiebedarfs eingespart werden können.

Kategorie: A (geringinvestive Maßnahme)

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/Stk.	Gesamtpreis
Organisation des Projektes	Stunden	50	60 €	3.000 €
			SUMME:	3.000 €

Einsparungen:

Ansatz für Einsparung durch Änderung des Nutzerverhaltens:	5%
---	----

Einsparung thermische Arbeit ca.:	69.000 kWh / Jahr
-----------------------------------	-------------------

Einsparung elektrische Arbeit ca.:	11.500 kWh / Jahr
------------------------------------	-------------------

Einsparung CO₂-Emissionen ca.:	21.160 kg CO₂ / Jahr
--	--

Einsparungen Energiekosten ca.:	5.900 € / Jahr
--	-----------------------

Amortisationszeit:	0,5 Jahre
---------------------------	------------------

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Herderschule

Maßnahme: Fenstersanierung Eingangsbereich

Beschreibung: Die Fenster und Türen in den Eingangsbereichen sind noch nicht saniert worden. Als eine erste Energieeinsparmaßnahme wurden die Heizkörper in diesem Bereich außer Betrieb genommen. Sollte eine Sanierung baulich notwendig werden, wird vorgeschlagen Fenster mit einem besseren U-Wert als den gesetzlich vorgeschriebenen U-Wert zu verwenden.

Kategorie: C (Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird)

Ansatz:

U-Wert gesetzl. Anforderung: 1,3 W/m²K
 U-Wert optimiert: 0,8 W/m²K
 Gradtagszahl: 4045 Kd/a

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/m ²	Gesamtpreis
Fenstersanierung Eingangsbereich				
Mehrkosten für energetische				
Optimierung (von 1,3 auf 0,8 W/m ² K)	m ²	50	100 €	5.000 €

Einsparungen:

Einsparung thermische Arbeit ca.:	2.400 kWh / Jahr
Einsparung CO ₂ -Emissionen ca.:	480 kg CO ₂ / Jahr
Einsparungen Energiekosten ca.:	140 € / Jahr
Amortisationszeit:	36 Jahre

Bereits durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen:

Gebäudeteil	Sanierungsmaßnahme durchgeführt/geplant	Jahr
Hauptgebäude	Beleuchtungssanierung (tageslichtabhängig)	1998
	Fensterelemente	2002
	Verteilersanierung: Armaturen und Regelung	2005
Klassentrakt	Beleuchtungssanierung Klassen (tageslichtabhängig)	1998
	Fensterelemente Klassenräume und Flur	2004
	Beleuchtung Flur/Verbindungsgang	2004
	Verteilersanierung: Armaturen und Regelung	2005
	RLT-Anlage Aula	2010
Sporthalle	Dachdämmung (i.M. 160 mm)	2003/04
	Fensterelemente	2004/05
	Beleuchtung Flur (Präsenzmelder)	2005
	Verteilersanierung: Armaturen und Regelung	2006

Anhang C

Maßnahmenkatalog für die Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt



Anschrift: Grund- u. Gemeinschaftsschule der Stadt Rendsburg
An der Bleiche 1
24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1895
Beheizbare BGF:	9.026 m ²
Wärmebedarf:	1.100.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	184.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,173 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh
Emissionsfaktor Strom:	628 g CO ₂ /kWh
Emissionsfaktor verdrängter Brennstoff (Erdgasäquivalent):	202 g CO ₂ /kWh

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt

Maßnahme: Energiesparprojekt

Beschreibung: Durchführung eines Schulprojektes zum Thema "Energiesparen". Ziel des Projektes ist die Reduzierung des nutzerabhängigen Teils des Energiebedarfes. Erfahrungen haben gezeigt, dass durch Änderung des Nutzerverhaltens bis zu 10% des Energiebedarfs eingespart werden können.

Kategorie: A (geringinvestive Maßnahme)

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/Stk.	Gesamtpreis
Organisation des Projektes	Stunden	50	60 €	3.000 €
			SUMME:	3.000 €

Einsparungen:

Ansatz für Einsparung durch Änderung des Nutzerverhaltens:	5%
--	----

Einsparung thermische Arbeit ca.:	55.000 kWh / Jahr
-----------------------------------	-------------------

Einsparung elektrische Arbeit ca.:	9.200 kWh / Jahr
------------------------------------	------------------

Einsparung CO2-Emissionen ca.:	16.890 kg CO2 / Jahr
---------------------------------------	-----------------------------

Einsparungen Energiekosten ca.:	4.700 € / Jahr
--	-----------------------

Amortisationszeit:	0,6 Jahre
---------------------------	------------------

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt

Maßnahme: Präsenzmelder für Flur Sporthalle

Beschreibung: Installation von Präsenzmeldern
im Flur der Turnhalle zur Steuerung
der Beleuchtung

Kategorie: B (investive, wirtschaftliche Maßnahme)

Ansatz:

Leistung der Beleuchtung: 800 W
Benutzungsstunden pro Jahr: 1200 Stunden/Jahr
Ansatz Einsparpotential: 75%

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/Stk.	Gesamtpreis
Präsenzmelder für Flur Sporthalle	Stk.	10	180 €	1.800 €
			SUMME:	1.800 €

Einsparungen:

Einsparung elektrische Arbeit ca.:	720 kWh / Jahr
------------------------------------	----------------

Einsparung CO ₂ -Emissionen ca.:	150 kg CO ₂ / Jahr
---	-------------------------------

Einsparungen Energiekosten ca.:	120 € / Jahr
---------------------------------	--------------

Amortisationszeit:	15,0 Jahre
--------------------	------------

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt

Maßnahme: Sanierung der Fernwärmeleitungen
zwischen Hauptgebäude und Claus-Siljacks-Schule / Turnhalle

Beschreibung: Die Fernwärmeleitungen zwischen dem Hauptgebäude und der Claus-Siljacks-Schule sowie der Turnhalle sind nur unzureichend gedämmt und sollten erneuert werden.

Kategorie: B (investive, wirtschaftliche Maßnahme)

Ansatz:

Wärmeverluste unsanierter Zustand: 100 W/m
 Wärmeverluste sanierter Zustand: 20 W/m
 Länge der Fernwärmetrassen: 100 m
 Betriebsstunden: 7400 Stunden/Jahr

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/m	Gesamtpreis
Sanierung der Fernwärmeleitungen	m	100	400 €	40.000 €
			SUMME:	40.000 €

Einsparungen:

Einsparung thermische Arbeit ca.:	59.200 kWh / Jahr
-----------------------------------	-------------------

Einsparung CO ₂ -Emissionen ca.:	11.960 kg CO ₂ / Jahr
---	----------------------------------

Einsparungen Energiekosten ca.:	3.400 € / Jahr
---------------------------------	----------------

Amortisationszeit:	11,8 Jahre
--------------------	------------

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Grund- u. Gemeinschaftsschule Altstadt

Maßnahme: Fenstersanierung

Beschreibung: Es ist geplant in diesem Jahr die Fenster des Hauptgebäudes zu sanieren. Um diese Sanierungsmaßnahme energetisch zu optimieren, wird vorgeschlagen Fenster mit einem besseren U-Wert als den gesetzlich vorgeschriebenen U-Wert zu verwenden.

Kategorie: C (Sanierungsmaßnahme, die energetisch optimiert wird)

Ansatz:

U-Wert gesetzl. Anforderung: 1,3 W/m²K
 U-Wert optimiert: 0,8 W/m²K
 Gradtagszahl: 4045 Kd/a

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/m ²	Gesamtpreis
Fenstersanierung				
Mehrkosten für energetische				
Optimierung (von 1,3 auf 0,8 W/m ² K)	m ²	400	100 €	40.000 €

Einsparungen:

Einsparung thermische Arbeit ca.:	19.400 kWh / Jahr
Einsparung CO ₂ -Emissionen ca.:	3.920 kg CO ₂ / Jahr
Einsparungen Energiekosten ca.:	1.110 € / Jahr
Amortisationszeit:	36,0 Jahre

Bereits durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen:

Gebäudeteil	Sanierungsmaßnahme durchgeführt/geplant	Jahr
Hauptgebäude	Beleuchtungssanierung	1996
	Verteilersanierung: Armaturen und Regelung	2004
	Einzelraumregelung	2007
	Fenstersanierung	2010
	RLT-Anlage Klassen Straßenseite	2013/2014
Gebäude ehem. Claus-Siljacks-Schule	Beleuchtungssanierung	1996
	Fensterelemente ; Innendämmung der Betonpfeiler zwischen den Fenstern	2002
	Brüstungsdämmung außen mit WDVS	2003
	Verteilersanierung: Armaturen und Regelung	2003
	Dämmung Fußboden an Erdreich (Pavillonklassen)	2009
	Beleuchtungssanierung (Pavillonklassen)	2009/10
	Einzelraumregelung (Pavillons, Verwaltung, Würfel)	2010
	Sporthalle	Flachdachdämmung Halle u. Umkleiden
	Sportboden und Heizung	2013/14

Anhang D

Maßnahmenkatalog für die Kita „Stadtpark“



Anschrift: Kita "Stadtpark"
 An der Untereider 17
 24768 Rendsburg

Basisdaten:

Baujahr:	1973
Beheizbare BGF:	818 m ²
Wärmebedarf:	115.000 kWh/Jahr
Strombedarf:	13.000 kWh/Jahr
Strompreis:	0,198 €/kWh
Wärmepreis:	0,057 €/kWh
Emissionsfaktor Strom:	683 g CO ₂ /kWh
Emissionsfaktor verdrängter Brennstoff (Erdgasäquivalent):	202 g CO ₂ /kWh

Untersuchungen zur Optimierung der Effizienzsteigerung

Maßnahmenkatalog für die Kita "Stadtpark"

Maßnahme: Dachdämmung

Beschreibung: Verbesserung der Dachdämmung durch Aufbringung von Mineralwolleplatten

Kategorie: B (investive, wirtschaftliche Maßnahme)

Basisdaten:

Dachfläche ca.: 900 m²
 U-Wert unsanierter Zustand: 0,8 W/m²K
 U-Wert sanierter Zustand: 0,18 W/m²K
 Gradtagszahl 4045 Kd/a

Investitionen:

Beschreibung	Einheit	Menge	Preis/m ²	Gesamtpreis
Dachdämmung	m ²	900	30 €	27.000 €
			SUMME:	27.000 €

Einsparungen:

Einsparung thermische Arbeit ca.: 54.170 kWh / Jahr

Einsparung CO₂-Emissionen ca.: 10.940 kg CO₂ / Jahr

Einsparungen Energiekosten ca.: 3.090 € / Jahr

Amortisationszeit: 8,7 Jahre

Bereits durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen:

Gebäudeteil	Sanierungsmaßnahme durchgeführt/geplant	Jahr
gesamt	Fenstersanierung	2002
	Verteilerversanierung: Armaturen und Regelung	2004