



Energieversorgungskonzept für die Neugestaltung der Wärmeversorgung „Quartier Reeshoop“ in Ahrensburg

IPP ESN Power Engineering

Dipl.-Ing. Volkmar Kämpf
Telefon : 0431 - 64 95 98 14
0170 - 225 40 41
v.kaempf@ipp-esn.de

IPP ESN Power Engineering

Dipl.-Ing. Thomas Lutz
Telefon: 0431 - 64 95 98 15
t.lutz@ipp-esn.de

Ziel dieses Energieversorgungskonzeptes ist es, eine Energieversorgung nach folgenden Gesichtspunkten zu schaffen:

- Nachhaltigkeit
- Umweltentlastung
- Versorgungssicherheit
- **Günstige Energiekosten**
- **niedrige Primärenergiefaktoren**

Warum niedrige Primärenergiefaktoren?

- KfW Programm „Energieeffizient Bauen“
- KfW Programm „Energieeffizient Sanieren“

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

Folgende dezentrale Versorgungsvarianten werden untersucht:

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

Folgende zentrale Versorgungsvarianten werden untersucht:

- Erdgas-BHKW + Spitzenlastgaskessel
- Bioerdgas-BHKW + Spitzenlastgaskessel
- Holzpelletfeuerung + Spitzenlastgaskessel
- Holzhackschnitzelfeuerung + Spitzenlastgaskessel
- Erdwärme + Spitzenlastkessel

Alle betrachteten Versorgungsvarianten halten die Forderungen des **EEWärmeG**, dass ein bestimmter Anteil regenerativer Energien bei Neubauten zum Einsatz kommen muss, ein.

Grundlagen zur Bedarfsermittlung:

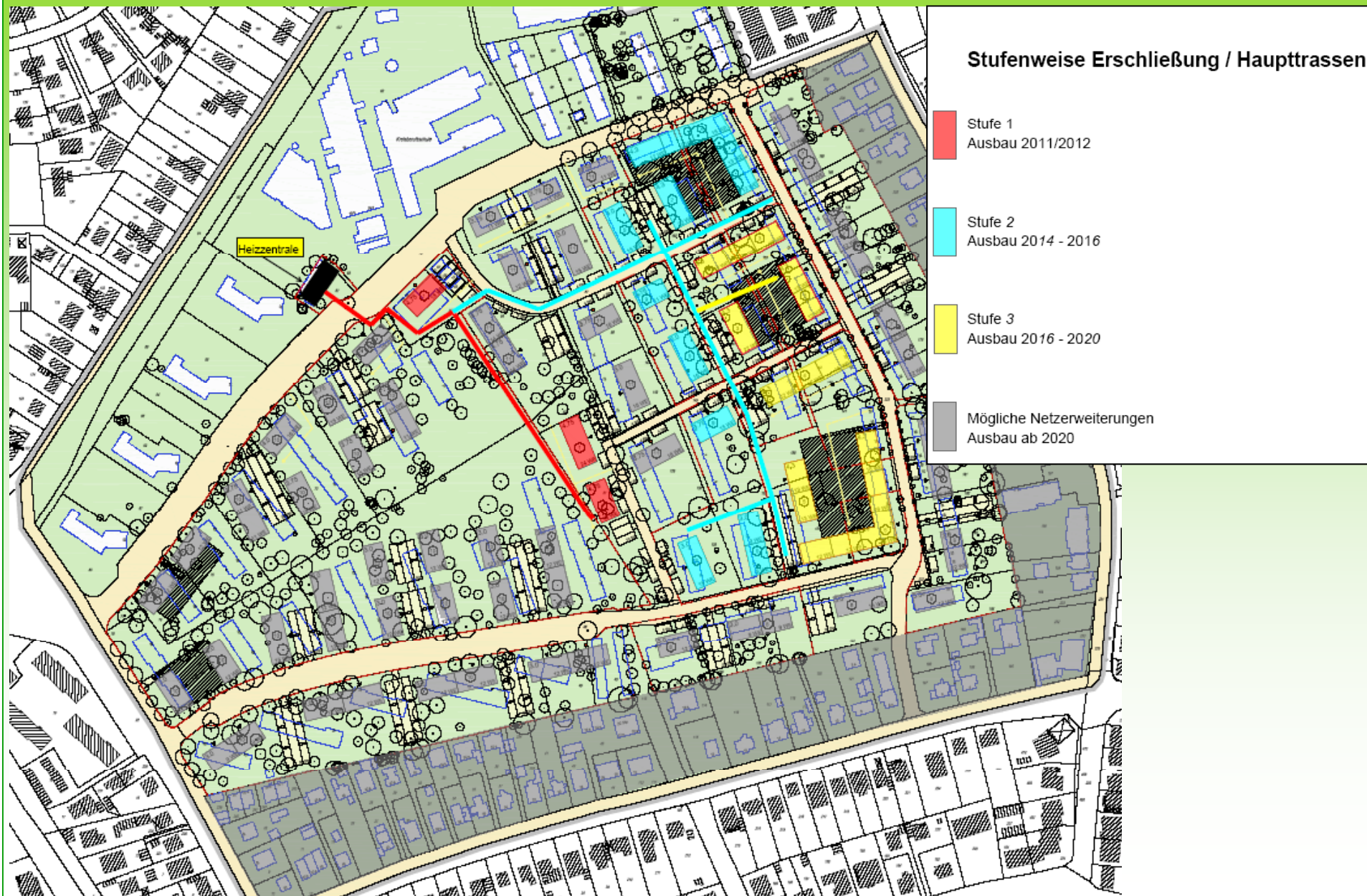
- Bestimmung des Wärmebedarfes auf Basis der EnEV 2009 für alle Neubauten bis zum Jahr 2014
- Ab dem Jahr 2016 wird mit einem stetig abnehmenden Wärmebedarf gerechnet.
- Alle Neubauten, die nach 2020 gebaut/saniert werden, wurden in diese Betrachtung nicht einbezogen, da eine realistische Abschätzung der Entwicklung nicht erfolgen kann.
- Der Ausbau bis zum Jahr 2020 ist im folgenden Konzept in **drei Erschließungsstufen** aufgeteilt. Ein Teil der Gebäude, sind sanierte Bestandsgebäude. Auch für diese wurde der Wärmebedarf der aktuellen EnEV angesetzt.

Grundlagen



- Netzanschluss : ca. 2011 / 2012 (Neubau)
Energiebedarf : EnEV 2009
Erschließungsstufe: 1
- Netzanschluss : ca. 2014 (Neubau)
Energiebedarf : EnEV 2009
Erschließungsstufe: 2
- Netzanschluss : ca. 2014 (Sanierter Bestand)
Energiebedarf : EnEV 2009
Erschließungsstufe: 2
- Netzanschluss : ca. 2016 (Neubau)
Energiebedarf : EnEV 2009 -25%
Erschließungsstufe: 3
- Netzanschluss : ca. 2018 (Neubau)
Energiebedarf : EnEV 2009 -50%
Erschließungsstufe: 3
- Netzanschluss : ca. 2020 (Neubau)
Energiebedarf : EnEV 2009 -75%
Erschließungsstufe: 3
- Netzanschluss : keine Aussage möglich (Privatbesitz/Bestand)
Energiebedarf : keine Aussage möglich
Erschließungsstufe: spätere Erweiterung möglich
- Netzanschluss : Bau ab 2022, Anschluss nicht abschätzbar
Energiebedarf : voraussichtlich Richtung Passivhaus
Erschließungsstufe: noch nicht vorgesehen
- Netzanschluss : Bau ab 2030, Anschluss nicht abschätzbar
Energiebedarf : voraussichtlich Richtung Passivhaus
Erschließungsstufe: noch nicht vorgesehen
- Netzanschluss : spätere Akquisition durch Netzbetreiber möglich
Energiebedarf : keine Aussage möglich (Privatbesitz)
Erschließungsstufe: noch nicht vorgesehen

Standort Heizzentrale und mögliche Trassenführung



Ermittlung der Wärmebedarfe

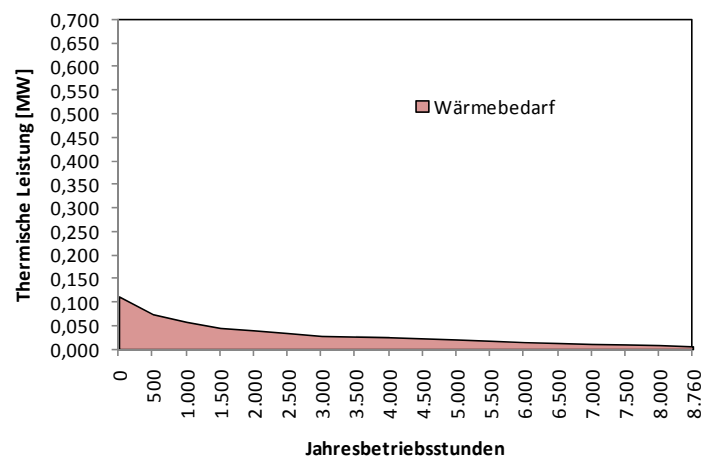
Ausbaustufe	Baujahr	WE	Gesamt WE	BGF	Gesamt BGF	beheizte Nutzfläche	
						(Faktor 0.85)	Nutzfläche / WE
1	2012	60	60	5.086 m ²	5.086 m ²	4.323 m ²	72 m ²
2	2014	86	146	7.600 m ²	12.686 m ²	6.460 m ²	75 m ²
2	2028	89	235	7.546 m ²	20.232 m ²	6.414 m ²	72 m ²
3	2016	87	322	7.378 m ²	27.610 m ²	6.271 m ²	72 m ²
3	2018	39	361	3.354 m ²	30.964 m ²	2.851 m ²	73 m ²
3	2020	96	457	9.141 m ²	40.105 m ²	7.770 m ²	81 m ²

Ausbaustufe	Faktor "Prozent von EnEV 2009"		Wärmebedarf / m ²	Leistung	JVBS	Brauchwasser	Heizwärmebedarf	Gesamt
						Wärmebedarf	/ Jahr	Nutzwärmebedarf
1	100%		52,5 kWh / (m ² a)	103 kW	2.200 Std.	54 MWh	173 MWh	227 MWh
2	100%		52,5 kWh / (m ² a)	154 kW	2.200 Std.	81 MWh	258 MWh	566 MWh
2	100%		52,5 kWh / (m ² a)	153 kW	2.200 Std.	80 MWh	257 MWh	903 MWh
3	75%		39,4 kWh / (m ² a)	112 kW	2.200 Std.	59 MWh	188 MWh	1.150 MWh
3	50%		26,3 kWh / (m ² a)	34 kW	2.200 Std.	18 MWh	57 MWh	1.225 MWh
3	25%		13,1 kWh / (m ² a)	46 kW	2.200 Std.	24 MWh	78 MWh	1.327 MWh

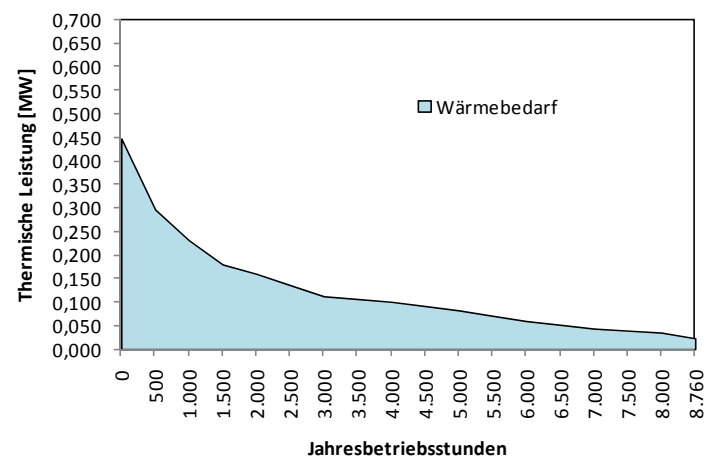
Ausbaustufe	FW-Netz	Haus-		Gesamt	Netz JVBS	Netzleistungsbedarf
		anschlüsse	Netzverluste	Netzwärmebedarf		
1	200 m	3	59 MWh	286 MWh	2500	114 kW
2	230 m	2	121 MWh	687 MWh	2500	275 kW
2	290 m	6	212 MWh	1.115 MWh	2500	446 kW
3	50 m	3	235 MWh	1.385 MWh	2500	554 kW
3	0 m	1	239 MWh	1.463 MWh	2500	585 kW
3	0 m	2	246 MWh	1.573 MWh	2500	629 kW

Struktur der Wärmebedarfe

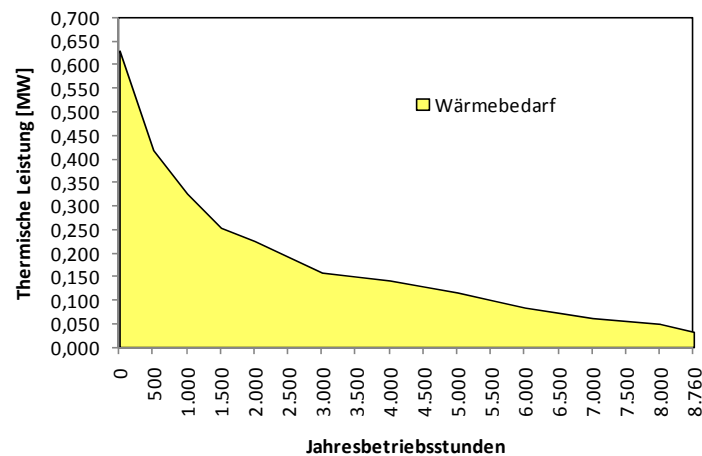
**Stufe 1
Bedarfsstruktur**



**Stufe 2
Bedarfsstruktur**

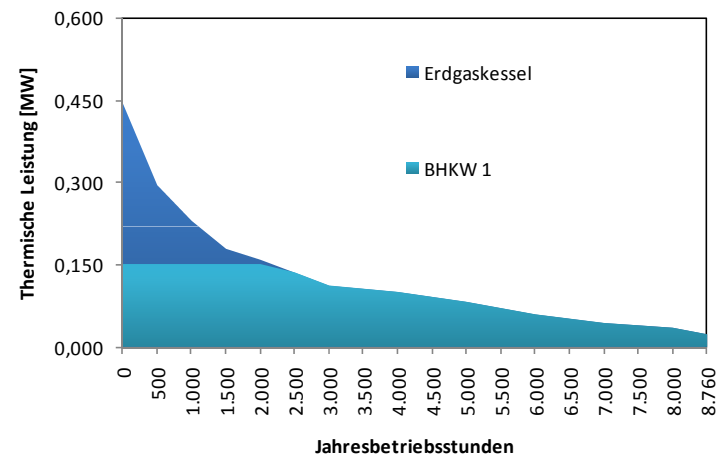


**Stufe 3
Bedarfsstruktur**

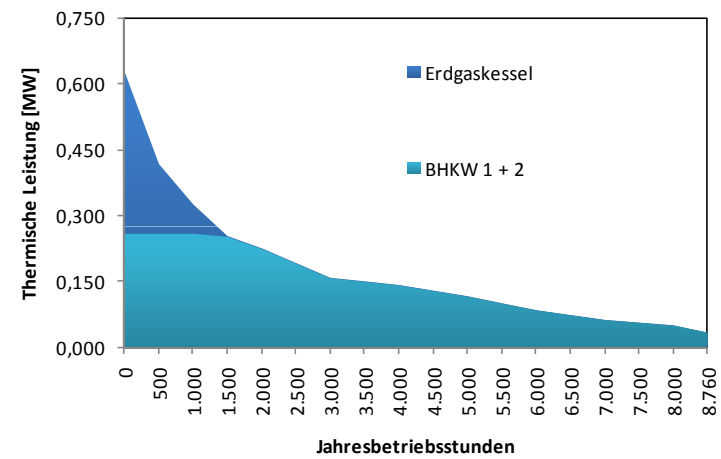


Auslegung BHKW

**Stufe 2
Variante BHKW**

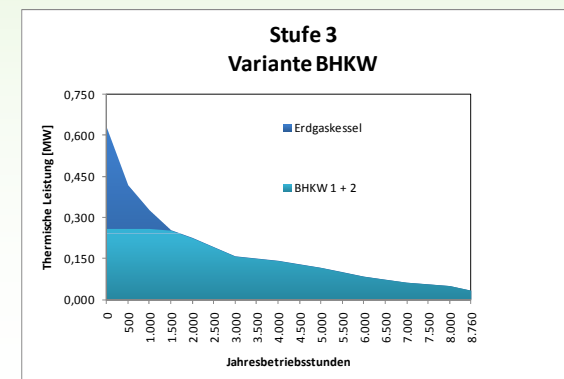
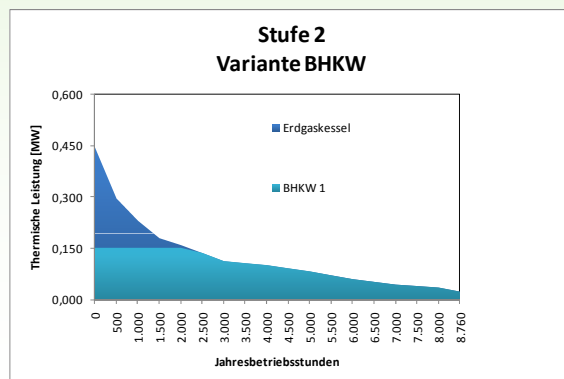


**Stufe 3
Variante BHKW**



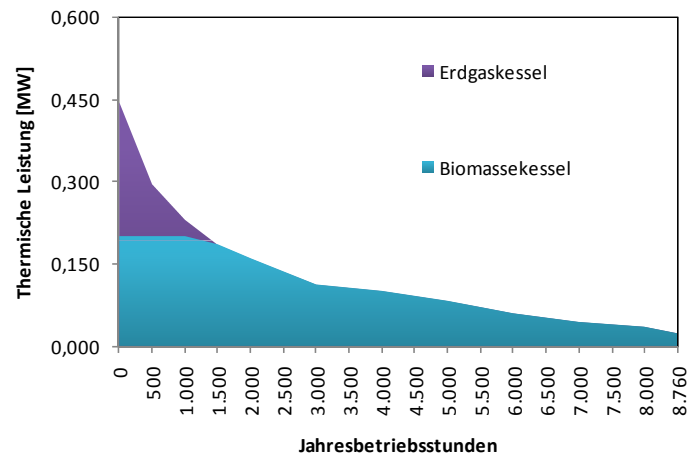
Auslegung BHKW

		Variante 1 BHKW			
Bilanzen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	286	1.115	1.573	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca.	114	446	629	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	227	903	1.327	MWh _{Netz} / Jahr
JVBS	ca.	2.500	2.500	2.500	Stunden / Jahr
BHKW					
Typ			2G-KWK-100EG	1x 2G-KWK-100EG 1x 2G-KWK-70EG	
Elektrische Leistung	ca.		100	170	kW _{el}
Thermische Leistung	ca.		151	260	kW _{th}
Gesamtwirkungsgrad	ca.		87 %	87 %	
Brennstoffleistung	ca.		290	494	kW _{hu}
JVBS gesamt	ca.		5.416	4.762	Std.
Gesamte erzeugte elektrische Arbeit			542	810	MWh _{el} / a
Eigenbedarf Strom	3 %		16	24	MWh _{el} / a
Gesamte nutzbare elektrische Arbeit	ca.		526	786	MWh _{el} / a
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.		818	1.238	MWh _{th} / a
Brennstoffbedarf	ca.		1.571	2.352	MWh _{Hu} / a
Kesselanlage					
Benötigte Kesselleistung	ca.	114	446	629	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	286	297	335	MWh / a
Eta Kesselanlage ca.	90 %				
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	320	330	370	MWh _{Hu} / a
Primärenergiefaktor		1,55	0,70	0,61	

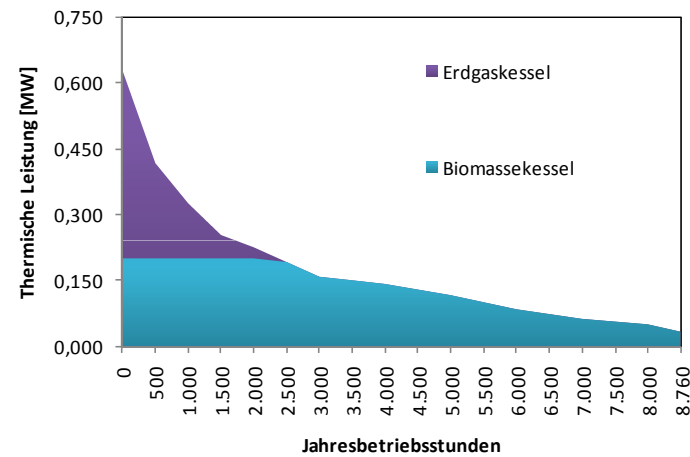


Auslegung Holzfeuerung

Stufe 2
Variante Holzfeuerung

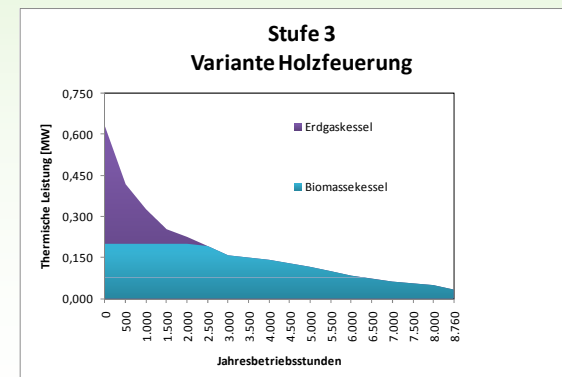
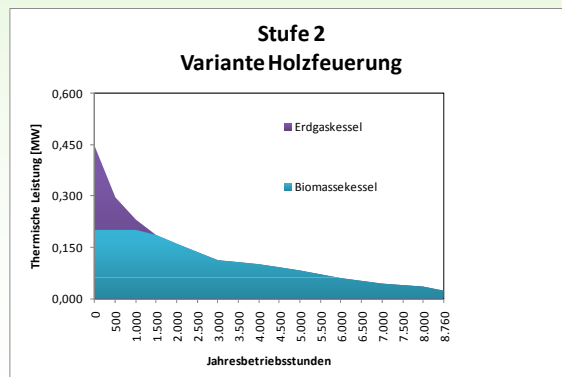


Stufe 3
Variante Holzfeuerung

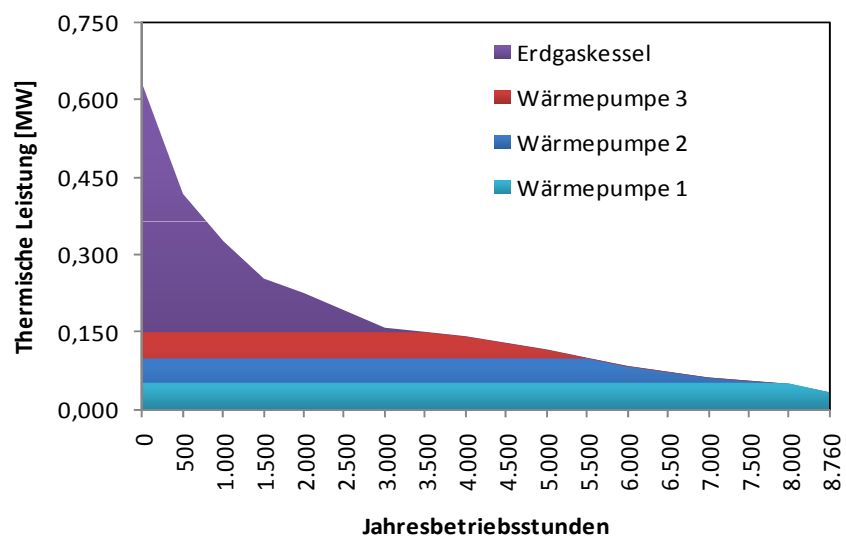


Auslegung Holzfeuerung

		Variante 2 Holzfeuerung			
Bilanzen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	286	1.115	1.573	MWh _{Netz} / Jahr
Netzeleistungsbedarf ca.	ca.	114	446	629	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	227	903	1.327	MWh _{Netz} / Jahr
JVBS	ca.	2.500	2.500	2.500	Stunden / Jahr
Holzessel					
Typ					
Thermische Leistung	ca.		200	200	kW _{th}
Gesamtwirkungsgrad	ca.		90 %	90 %	
Brennstoffleistung	ca.		227	227	kW _{hu}
JVBS gesamt	ca.		4.497	5.690	Std.
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.		899	1.138	MWh _{th} / a
Pelletbedarf	ca.		1.022	1.293	MWh _{Hu} / a
Kesselanlage					
Benötigte Kesselleistung	ca.	114	446	629	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	286	216	435	MWh/a
Eta Kesselanlage ca.	90 %				
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	320	240	480	MWh _{Hu} / a
Primärenergiefaktor		1,55	0,52	0,59	



Stufe 3 Variante Geothermie



Auslegung Geothermie

		Variante Geothermie			
Bilanzen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Einheit
Netzwärmebedarf ca.	ca.	286	1.115	1.573	MWh _{Netz} / Jahr
Netzleistungsbedarf ca.	ca.	114	446	629	kW
Nutzwärmebedarf ca.	ca.	227	903	1.327	MWh _{Netz} / Jahr
JVBS	ca.	2.500	2.500	2.500	Stunden / Jahr
Wärmepumpe					
Typ		1x SI100T	2x SI100T	3x SI100T	
Thermische Leistung	ca.	50	100	150	kW _{th}
Arbeitszahl	ca.	4,3	4,3	4,3	
JVBS gesamt	ca.	4.568	6.747	6.568	Std.
Gesamte erzeugte thermische Arbeit	ca.	228	675	985	MWh _{th} / a
Strombedarf	ca.	53	157	229	MWh _{Hu} / a
Kesselanlage					
Benötigte Kesselleistung	ca.	114	446	629	kW
Zusätzlich erforderliche thermische Arbeit	ca.	57	441	587	MWh / a
Eta Kesselanlage ca.	90 %				
Zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	60	490	650	MWh _{Hu} / a
Gesamtanlage					
Primärenergiefaktor		0,92	1,07	1,01	

Da für diese Art der Wärmegewinnung vor allem Strom mit einen Primärenergiefaktor von 2,6 (Strommix) benötigt wird, kann bei dieser Variante der Wärmebereitstellung nur ein Primärenergiefaktor von ca. 1 erreicht werden.

In den weiteren Untersuchungen wird diese Variante nicht vertiefend betrachtet.

Investitionen

		Variante BHKW		
Investitionen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Unvorhergesehenes	10 %			
Planung, Gutachten etc.	10 %			
Gesamte Investitionen BHKW	ca.		193.600 €	363.000 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.		323.675 €	347.875 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	109.929 €	397.425 €	469.057 €
Gesamte Investitionen	ca.	109.929 €	914.700 €	1.179.932 €

Investitionen

		Variante BHKW		
Investitionen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Unvorhergesehenes	10 %			
Planung, Gutachten etc.	10 %			
Gesamte Investitionen BHKW	ca.		193.600 €	363.000 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.		323.675 €	347.875 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	109.929 €	397.425 €	469.057 €
Gesamte Investitionen	ca.	109.929 €	914.700 €	1.179.932 €

		Variante Pellets		
Investitionen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Unvorhergesehenes	10 %			
Planung, Gutachten etc.	10 %			
Gesamte Investitionen Pelletkessel	ca.		128.755 €	128.755 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.		295.845 €	295.845 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	109.929 €	397.425 €	469.057 €
Gesamte Investitionen	ca.	109.929 €	822.025 €	893.657 €

		Variante Hackschnitzel		
Investitionen		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Unvorhergesehenes	10 %			
Planung, Gutachten etc.	10 %			
Gesamte Investitionen Hackschnitzelkessel	ca.		248.292 €	248.292 €
Gesamte Investitionen Kessel	ca.		332.145 €	332.145 €
Gesamte Investitionen Trasse	ca.	109.929 €	397.425 €	469.057 €
Gesamte Investitionen	ca.	109.929 €	977.862 €	1.049.494 €

Energiewirtschaftliche Ansätze

Kapitalgebundene Kosten

Zinssatz		5%	/Jahr
<u>Kapitaldienstfaktoren (Annuitätische Betrachtung):</u>	Betrachtungszeitraum:		
BHKW/Wärmepumpe	15	9,63%	/ Jahr
Pellet- / Hackschnitzelanlagen	20	8,02%	/ Jahr
Gas-Kessel, Speicher, Peripherie, Heizflächen	20	8,02%	/ Jahr
Fernwärmeleitungen	30	6,51%	/ Jahr

Energie- und Hilfsstoffkosten

Brennstoffpreise:

Erdgas (Durchschnittskosten)

Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten

bei 1,10 Ho/Hu

5,00 Ct/kWh Ho

5,50 Ct/kWh Hu

Bioerdgas

Arbeitspreis inkl. aller Nebenkosten

bei 1,10 Ho/Hu

8,00 Ct/kWh Ho

8,80 Ct/kWh Hu

Pelletkosten

5 kWh / kg

241 € / Tonne

4,82 cent / kWh

1,53 Sm³

0,31 Sm³ / MWh

Hackschnitzelkosten

3,388 kWh / kg

86 € / Tonne

2,54 cent / kWh

4,00 Sm³

1,18 Sm³/MWh

Stromkosten für Betrieb

16,50 Ct/kWh el

Zusammenfassung Wärmegestehungskosten

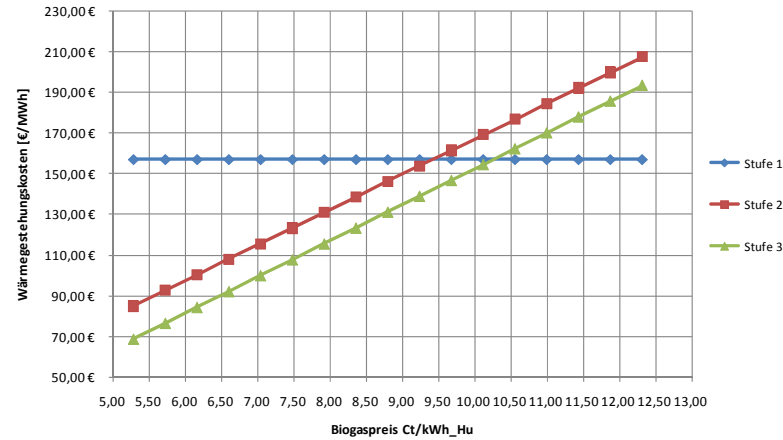
Wärmegestehungskosten und Primärenergiefaktoren f_p	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	
BHKW Erdgas	156,97	186,80	171,03	€/ MWh
f_p	0,69	0,82	0,55	€/ (m ² + Monat)
	1,55	0,70	0,61	
BHKW Biogas	156,97	146,22	131,14	€/ MWh
f_p	0,69	0,64	0,43	€/ (m ² + Monat)
	1,55	0,70	0,61	
Holzfeuerung Pellet	156,97	167,44	137,64	€/ MWh
f_p	0,46	0,73	0,45	€/ (m ² + Monat)
	1,55	0,52	0,59	
Holzfeuerung Hackschnitzel	156,97	179,43	141,14	€/ MWh
f_p	0,46	0,79	0,46	€/ (m ² + Monat)
	1,55	0,52	0,59	
Geothermie	0,92	1,07	1,01	

Wie aus der Zusammenstellung zu entnehmen ist, sind in der **Ausbaustufe 3**, mit den Varianten **Bioerdgas-BHKW** und **Holzfeuerung**, marktfähige Wärmegestehungskosten zu erwarten.

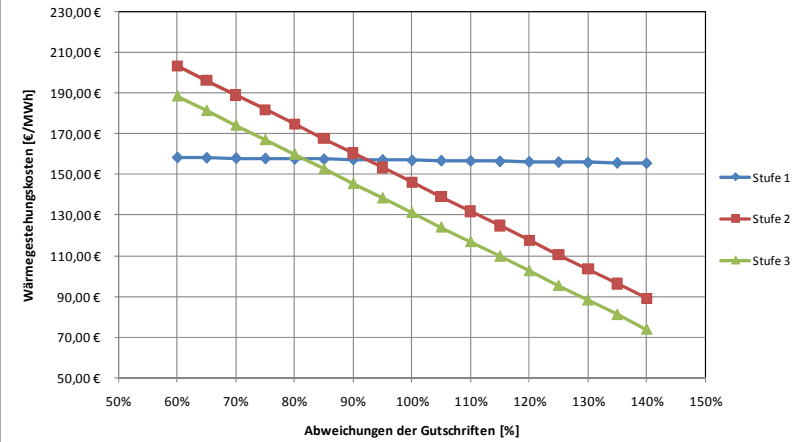
Die Variante „BHKW-Anlagen mit Erdgas“ wird somit im Folgenden (wie die „Geothermienutzung“) **nicht weiter betrachtet**.

Sensitivitätsanalyse Bioerdgas BHKW

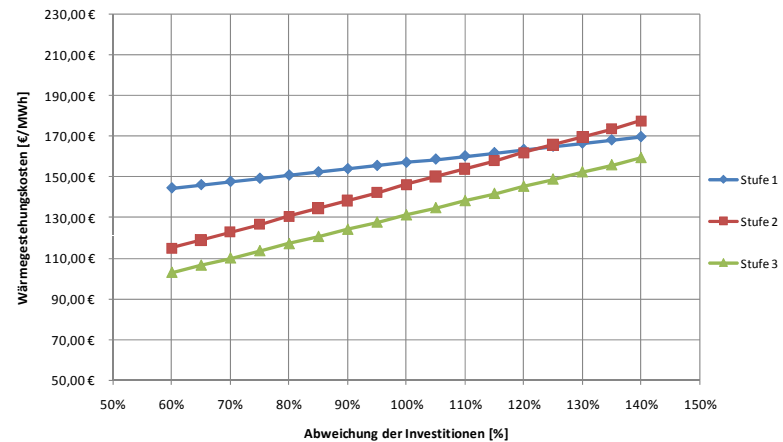
Biogas BHKW
Sensitivität Biogaspreis



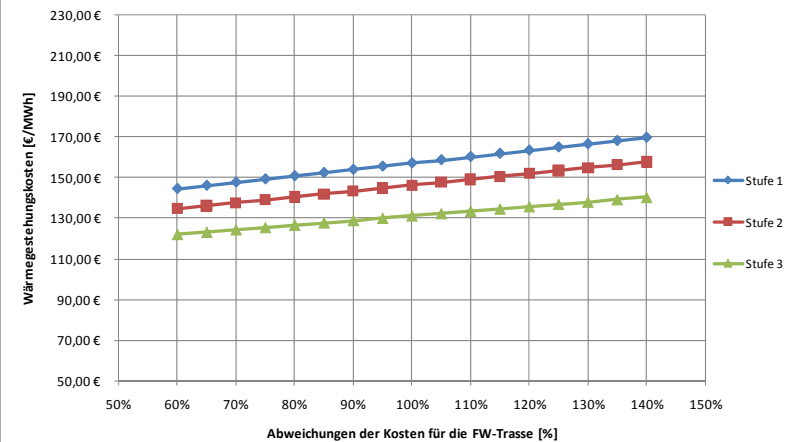
Biogas BHKW
Sensitivität Gutschriften



Biogas BHKW
Sensitivität Investitionen

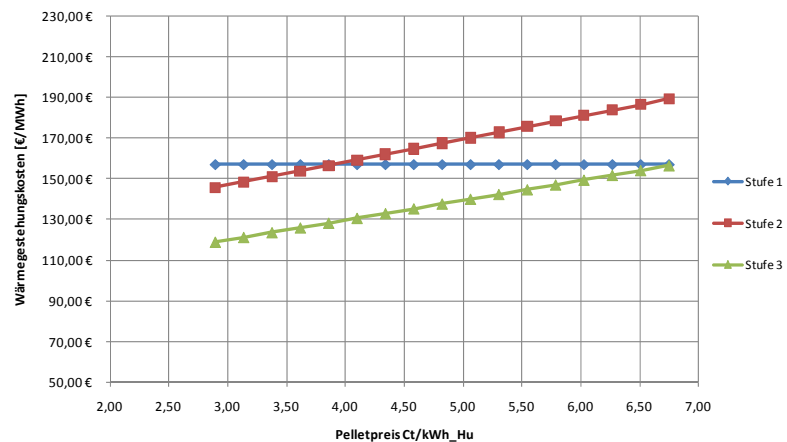


Biogas BHKW
Sensitivität FW-Trasse

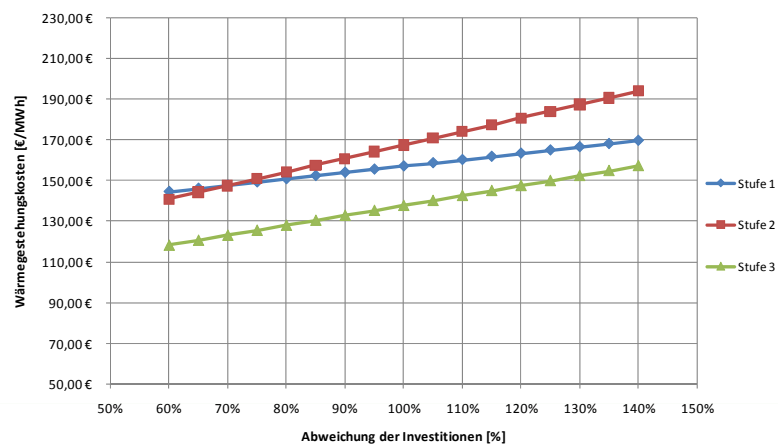


Sensitivitätsanalyse Holzpelletkessel

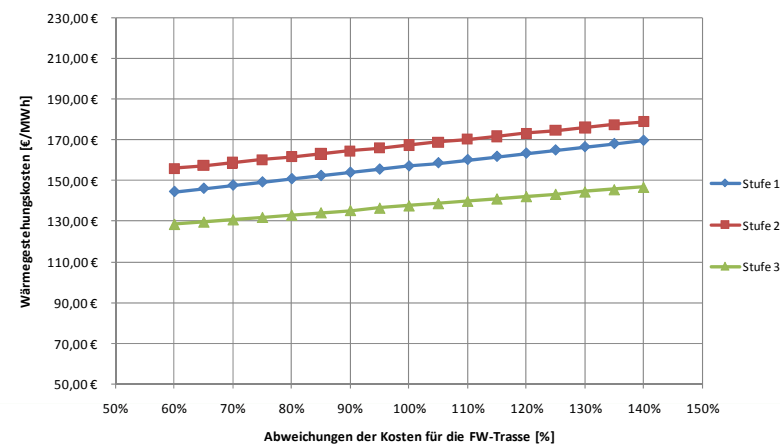
**Pelletkessel
Sensitivität Pelletpreis**



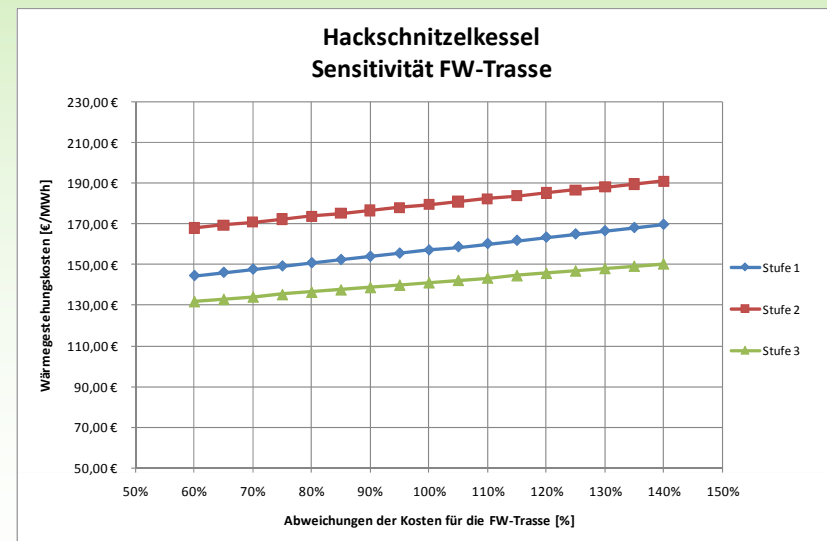
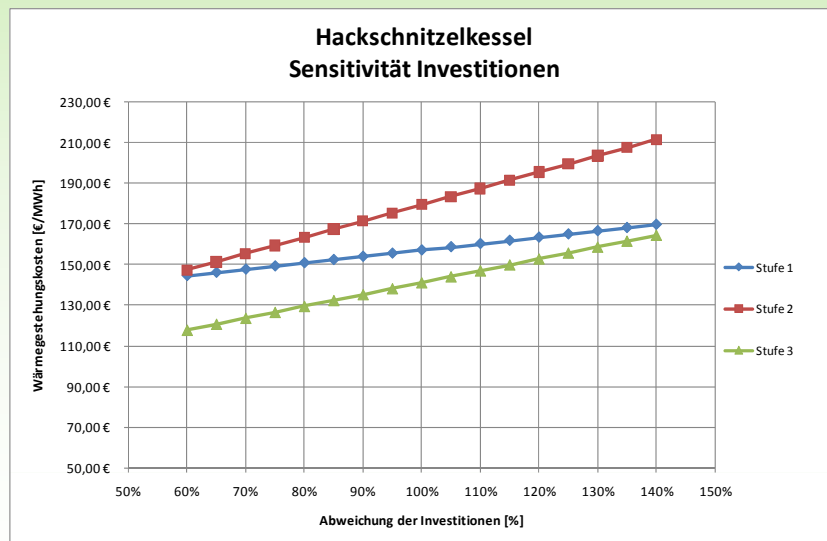
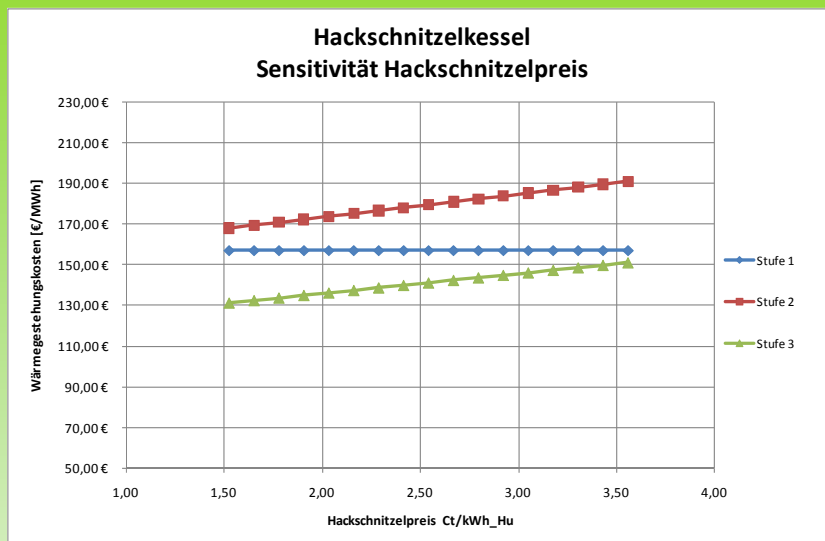
**Pelletkessel
Sensitivität Investitionen**



**Pelletkessel
Sensitivität FW-Trasse**



Sensitivitätsanalyse Hackschnitzelkessel



Anlegbare Kosten

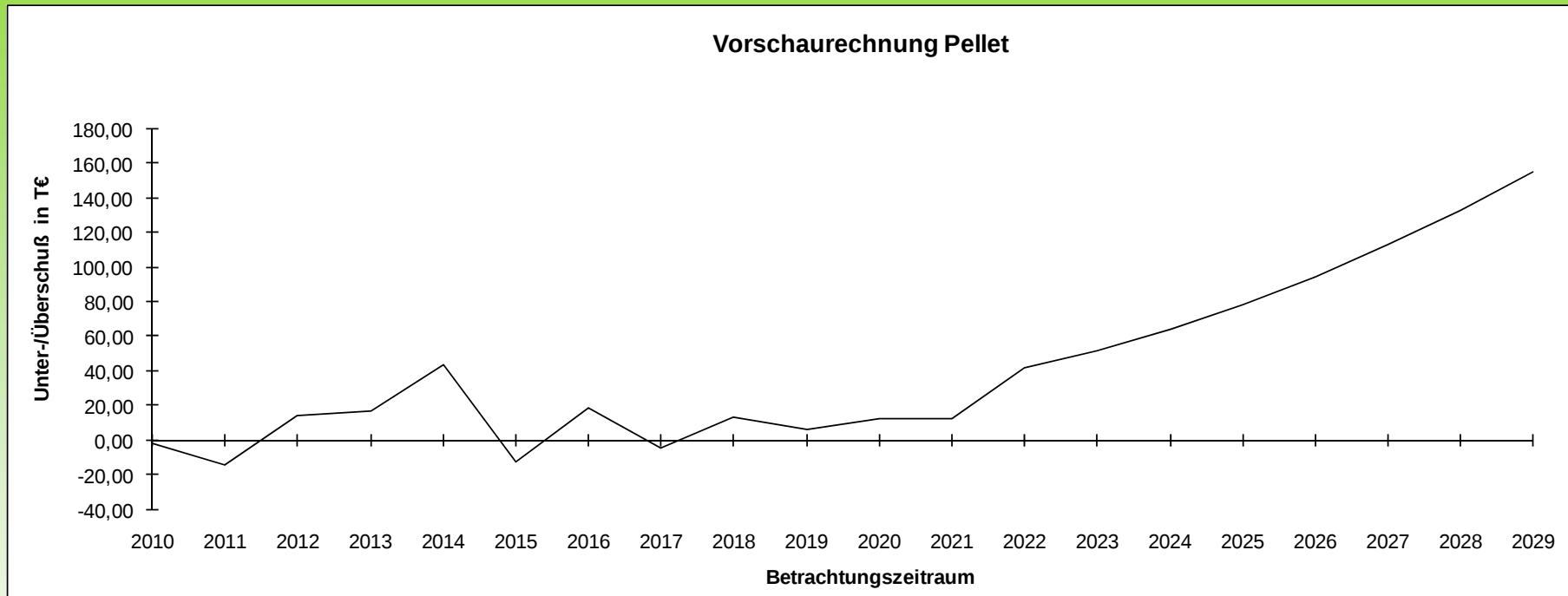
Anlegbare kosten				
	EnEV 2009	Anlegbare kosten	€/ (m ² + Monat)	Primärenergiebedarf
Solarnutzung (Referenz)	100%	130,0 €/ MWh	0,57 €	70.591,0 kWh / a
	50%	195,9 €/ MWh	0,43 €	35.299,4 kWh / a
Gaskessel	100%	121,8 €/ MWh	0,53 €	96.257,7 kWh / a
	50%	170,8 €/ MWh	0,37 €	48.132,7 kWh / a
Pelletkessel	100%	120,3 €/ MWh	0,53 €	17.507,7 kWh / a
	50%	188,8 €/ MWh	0,41 €	8.757,7 kWh / a
Geothermienutzung	100%	155,2 €/ MWh	0,68 €	54.941,9 kWh / a
	50%	271,7 €/ MWh	0,59 €	27.470,9 kWh / a

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.

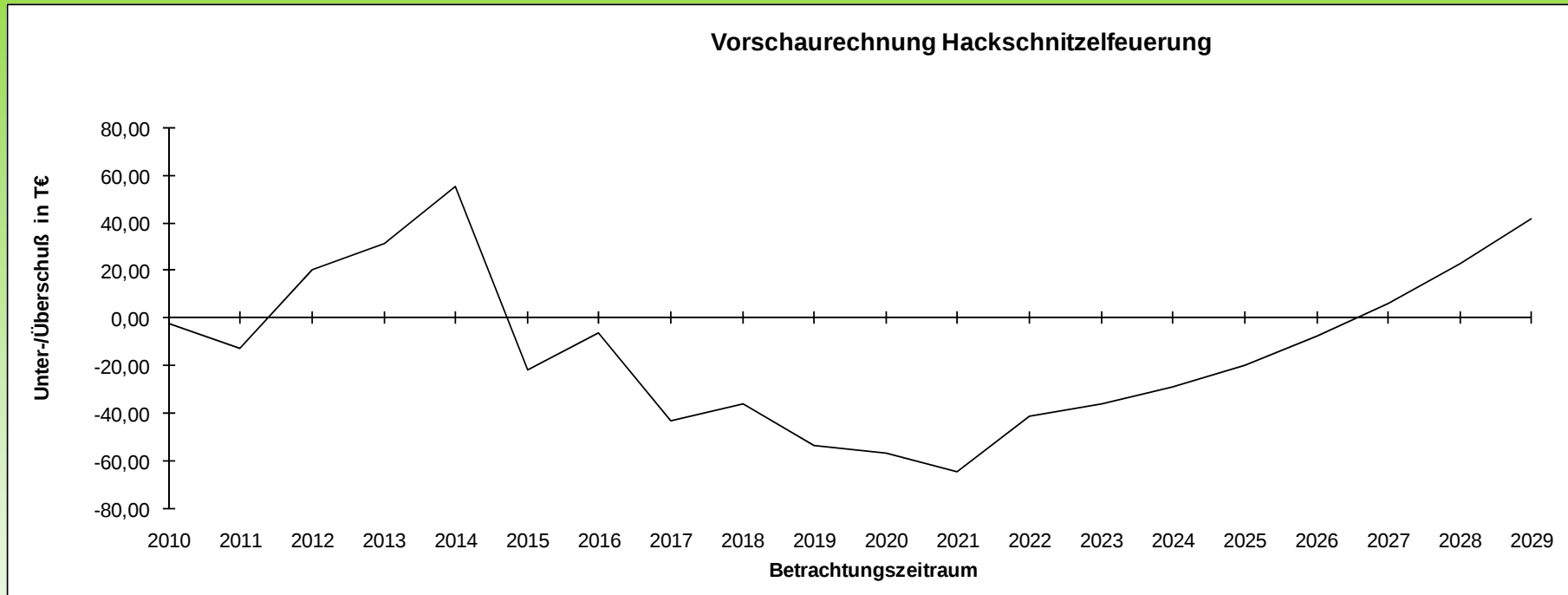
Bei einer mittelgroßen Auslegung des Pelletlagers muss bis zu 6 mal im Jahr eine Holzpelletlieferung erfolgen.

Vorschaurechnung Pellet



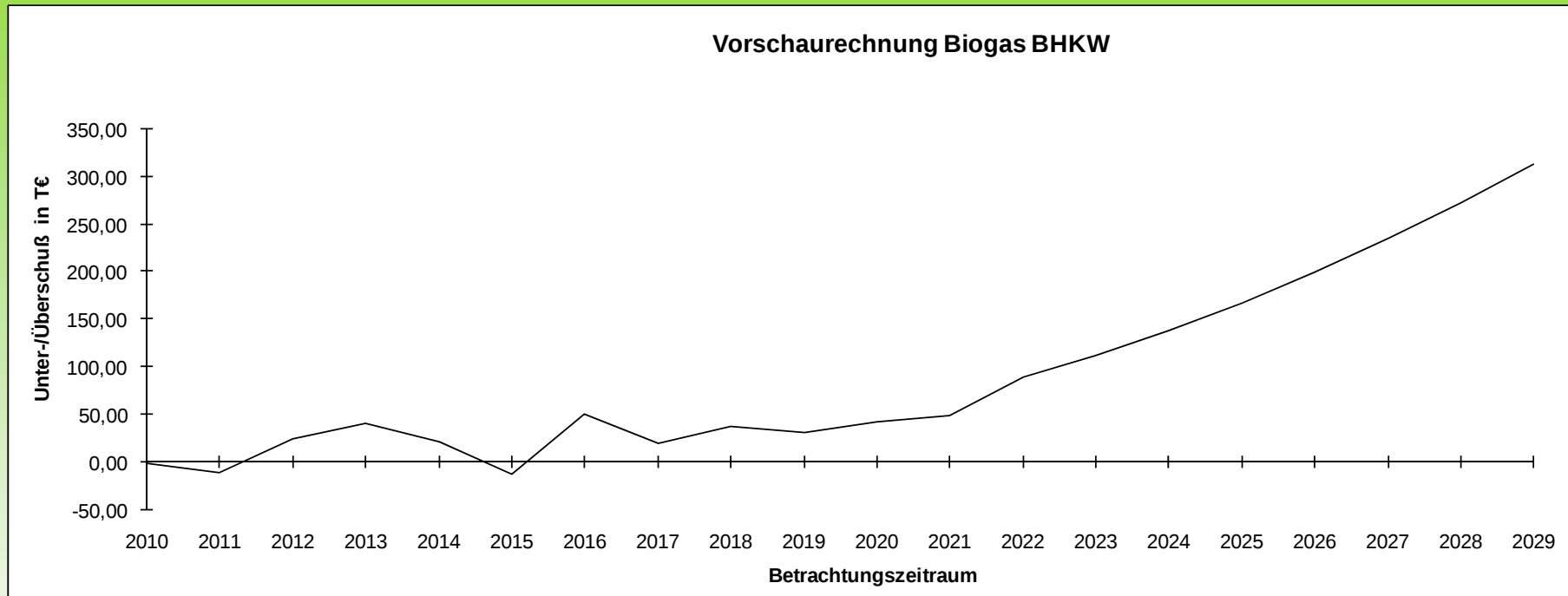
Für die Berechnungen wurde ein Wärmeverkaufspreis von **145 € / MWh** (ca. **0,50 € je m² und Monat**) für den Mieter sowie einmalige Anschlusskosten von **10.000 € je Gebäude vom Investor** angesetzt.

Vorschaurechnung Hackschnitzel



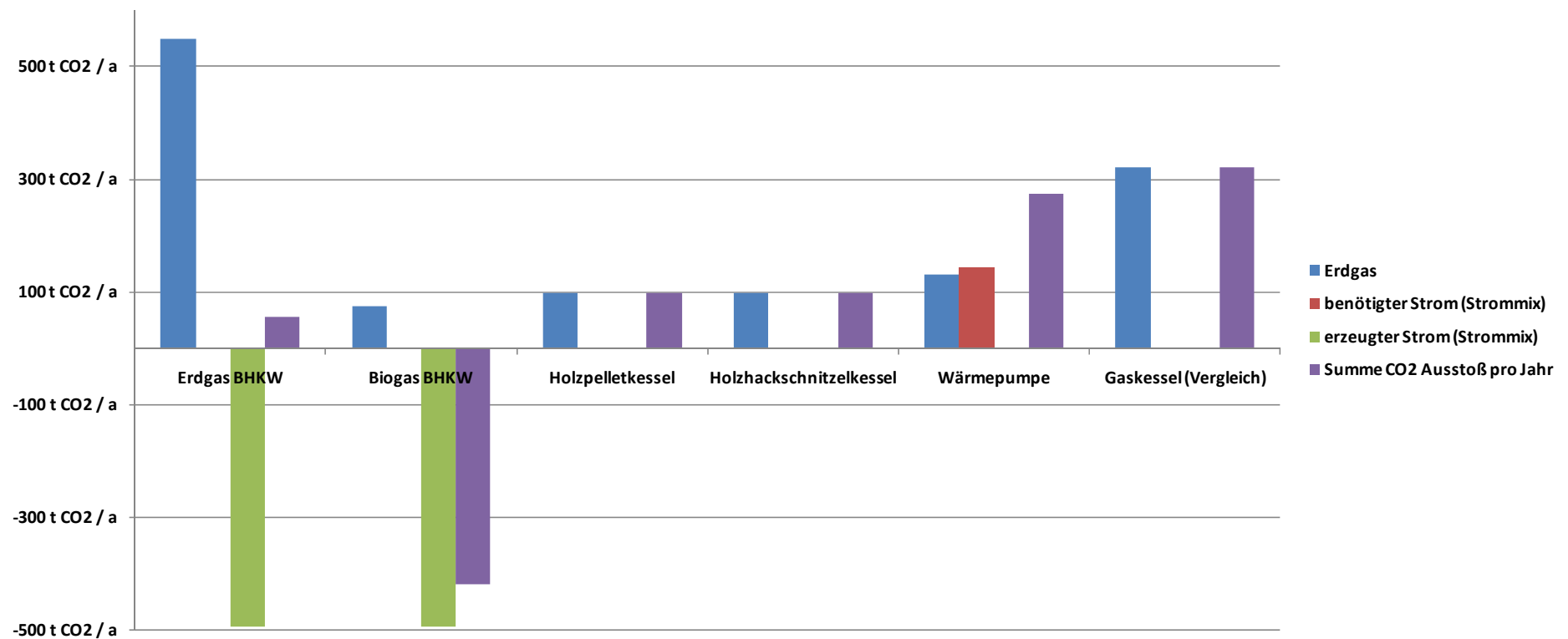
Für die Berechnungen wurde ein Wärmeverkaufspreis von **145 € / MWh** (ca. **0,50 € je m² und Monat**) für den Mieter sowie einmalige Anschlusskosten von **10.000 € je Gebäude vom Investor** angesetzt.

Vorschaurechnung Biogas-BHKW



Für die Berechnungen wurde ein Wärmeverkaufspreis von **145 € / MWh** (ca. **0,50 € je m² und Monat**) für den Mieter sowie einmalige Anschlusskosten von **10.000 € je Gebäude vom Investor** angesetzt.

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.

Die durchgeführten Betrachtungen zeigen, dass eine zentrale Erschließung aller Verbraucher (bis 2020) mit Wärme, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten darstellbar ist. Der Vorteil der zentralen Erschließung ist darin zu sehen, dass alle Forderungen wie

- Einhaltung der EnEV, EEWärmeG**
- geringe CO₂ Belastung**
- Wirtschaftlichkeit**

erfüllt werden können.

Mit der Errichtung einer zentralen Versorgung ist der wirtschaftliche Einsatz umweltschonender Wärmeerzeugungstechniken und die Nutzung regenerativer Energien und nachwachsenden Rohstoffe möglich.

Die zu realisierenden Schritte sind:

- Entscheidung zentrale Versorgung ja/nein. Wenn ja, dann
- Festlegung eines Standortes für eine Heizzentrale,
- Prüfung ob eine Anschluss- und Benutzungszwang ausgesprochen werden kann/soll,
- Erstellung einer Contracting-anfrage,
- Auswahl eines geeigneten Partners für die erforderlichen Dienstleistungen,
- vertragliche Vereinbarungen (Wärmelieferverträge) vereinbaren/abstimmen,
- sukzessive Erschließung/Umsetzung der Maßnahmen.

Zusammenfassend wird empfohlen die Realisierung einer zentralen Wärmeversorgung mit dem Brennstoff Holzpellet weiter zu verfolgen.



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit.**