

Kommunales Energieeinsparkonzept für den Markt Nassenfels

Kommunales Energieeinsparkonzept für den Markt Nassenfels

Auftraggeber:

Markt Nassenfels
Bürgermeister Husterer
Schulstraße 9
85128 Nassenfels

Auftragnehmer

IfE Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg

Bearbeitungszeitraum:

12/2010 bis 4/2011

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	8
2 Die thermische Energie- und CO₂ – Emissionsbilanz im Ist – Zustand	8
2.1 Der Endenergieeinsatz	8
2.1.1 kommunale Liegenschaften.....	8
2.1.2 Neubaugebiet „Maueräcker“	10
2.1.3 private Liegenschaften	11
2.1.4 Der Gesamtendenergieeinsatz	12
2.2 Der Primärenergieeinsatz	13
2.3 Der CO ₂ -Ausstoß	14
3 Neubaugebiet Maueräcker	15
3.1 Die Nahwärmeverbundlösung.....	16
3.2 Der Gesamtwärmebedarf.....	18
3.3 Die Durchleitungskosten	20
3.4 Zusammenfassung	23
4 Ausarbeitung eines Wärmekatasters.....	24
5 Die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße.....	30
5.1 Der Gesamtwärmebedarf.....	32
5.2 Die Versorgungsvarianten	36
5.2.1 Variante 1.1: dezentrale Heizölkessel (Referenz).....	36
5.2.2 Variante 1.2: Hackgutkessel mit Heizölspitzenlastkessel.....	37
5.2.3 Variante 1.3: Holzpelletkessel mit Heizölspitzenlastkessel	38
5.2.4 Variante 1.4: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Heizölspitzenlastkessel.....	39
5.2.5 Variante 1.5: Heizöl-BHKW-Modul und Heizölspitzenlastkessel	40
5.2.6 Variante 1.6: Versorgung durch die bestehenden Hackgutheizung des Schulgeländes.....	41
5.3 Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	44

5.3.1	Die wirtschaftlichen Grundannahmen	44
5.3.2	Förderungen.....	49
5.3.3	Die Investitionskostenprognose.....	51
5.3.4	Die jährlichen Ausgaben.....	52
5.3.5	Die jährlichen Einnahmen.....	53
5.3.6	Die Wärmegegostehungskosten.....	54
5.3.7	Die Sensitivitätsanalyse.....	55
5.4	Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten	59
5.5	Förderungen	60
6	Die Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße	61
6.1	Der Gesamtwärmebedarf.....	63
6.2	Die Versorgungsvarianten	65
6.2.1	Variante 2.1: dezentrale Heizölkessel (Referenz).....	65
6.2.2	Variante 2.2: Hackgutkessel mit Heizölsplitzenlastkessel.....	66
6.2.3	Variante 2.3: Holzpelletvergaser mit Heizölsplitzenlastkessel.....	67
6.2.4	Variante 2.4: Holzpelletvergaser mit Heizölsplitzenlastkessel.....	68
6.2.5	Variante 2.5: Heizöl-BHKW-Modul und Heizölsplitzenlastkessel	69
6.2.6	Variante 2.6: Versorgung durch die bestehenden Pflanzenöl-BHKW-Module der Spedition Meier	70
6.3	Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	73
6.3.1	Die Investitionskostenprognose.....	73
6.3.2	Die jährlichen Ausgaben.....	74
6.3.3	Die jährlichen Einnahmen.....	75
6.3.4	Die Wärmegegostehungskosten.....	76
6.4	Die Sensitivitätsanalyse	78
6.5	Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten	82
6.6	Förderungen	83
7	Zusammenfassung.....	84

8	Abbildungsverzeichnis	89
9	Tabellenverzeichnis.....	91

1 Einleitung

Im Rahmen des kommunalen Energieeinsparkonzeptes für den Markt Nassenfels werden Möglichkeiten der Energieversorgung im Kernort Nassenfels untersucht. Das Energieeinsparkonzept dient der Gemeinde als Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Strategie ihrer Energieversorgung.

Die Basis für sämtliche Betrachtungen bildet die Aufnahme des Ist-Zustandes und der bestehenden Infrastruktur. Dabei werden an Hand der zur Verfügung gestellten Unterlagen für kommunale Gebäude und der statistischen Auswertungen der Kaminkehrer der Energieumsatz an leitungsgebundenen Energieträgern und nichtleitungsgebundenen Energieträgern kalkuliert und daraus der Primärenergieumsatz sowie der CO₂-Austoß für den Markt Nassenfels ermittelt. Zur Verprobung werden die Ergebnisse der bereits durchgeführten Bürgerbefragung herangezogen.

Aufbauend auf dem Energiebedarf des Ist-Zustandes wird eine straßenzugweise Einteilung des Wärmebedarfs bei unterschiedlichen Anschlussdichten (60%, 80 %, und 100%) vorgenommen und für den Ort ein Wärmebedarfsatlas erstellt. Dadurch können Gebiete mit einem ausreichend hohem Wärmeenergiebedarf identifiziert werden.

Darauf aufbauend werden unterschiedliche Energieversorgungskonzepte mit dezentralen Lösungen sowie Nahwärmeverbundlösungen dimensioniert und gegenübergestellt. Hierbei wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Investitionskostenprognose, Vollkostenrechnung und Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Eine künftige CO₂-Bilanz der verschiedenen Energieversorgungskonzepte dokumentiert die CO₂-Einsparpotentiale.

Die Bewertung unterschiedlicher Varianten stützt sich auf die kalkulierten Energiebedarfsdaten und beinhaltet eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzeslage sowie eine CO₂-Bilanz. Das Ergebnis liefert somit eine umfangreiche Informationsbasis für die Entscheidung über das künftige Energiesystem.

Die dargestellten Energiesysteme werden mit einer Standardvariante verglichen, die sowohl hinsichtlich Wärmegestehungskosten als auch bezüglich der CO₂-Bilanz die Referenz darstellt.

Die Dimensionierung der einzelnen Wärmeversorgungssysteme basiert auf Abschätzungen anhand der bisherigen Heizsysteme bzw. des bisherigen Brennstoffbedarfs und ersetzt nicht eine technische Detailplanung. Sowohl der Wärmebedarf, als auch der thermische Spitzenleistungsbedarf kann von den kalkulierten Werten abweichen.

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier kalkulierten abweichen. Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Varianten Sensitivitätsanalysen erarbeitet, welche den Einfluss einzelner Parameter auf die spezifischen Wärmegestehungskosten darstellen.

Des Weiteren wird die Gebäudestruktur im Gemeindebereich analysiert und in verschiedene Baualterklassen eingestuft. Mit dieser Kenntnis kann der energetische Zustand der Liegenschaften beschrieben werden. Daraufhin werden für die unterschiedlichen Baualterklassen entsprechende, angepasste energetische Sanierungen vorgeschlagen und das Energieeinsparpotential aufgezeigt sowie die Amortisationszeit der Maßnahmen dargestellt.

Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.

Als Datengrundlage wurden die zur Verfügung gestellten Unterlagen und Aufzeichnungen, sowie bei verschiedenen Vor- Ort Terminen aufgenommenen Daten verwendet.

2 Die thermische Energie- und CO₂ – Emissionsbilanz im Ist – Zustand

2.1 Der Endenergieeinsatz

2.1.1 kommunale Liegenschaften

Im Rahmen des kommunalen Energiekonzeptes für den Markt Nassenfels werden folgende kommunale Liegenschaften und Liegenschaften der Kirchenstiftung betrachtet:

- Rathaus, Schulstraße 9
- Schule mit Turnhalle, Weingartenweg 1
- Kindergarten, Weingartenweg 3
- Bauhof, Eichstätter Straße 28
- Feuerwehrhaus, Martin-von-Schaumberg-Straße 1
- Kirche, Schloßstrasse 1
- Pfarrheim, Weingartenweg 3

Der Markt Nassenfels hat im Jahr 2005 auf dem Schulgelände eine Hackgutheizung für die Versorgung der Schule und des Gebietsumgriffs errichtet. Die Biomassefeuerung hat eine Nennwärmeleistung von 220 kW, zur Spitzenlast und Redundanzabdeckung sind die beiden bestehenden Heizölfeuerungen mit einer Gesamtleistung von rund 320 kW eingebunden. Von der Heizzentrale aus werden das Schulgebäude mit Turnhalle, der Kindergarten und das Pfarrheim mit thermischer Energie versorgt.

Alle weiteren Liegenschaften werden mit Heizöl beheizt. Zusammenfassend sind in Tabelle 1 die Liegenschaften mit den installierten Wärmeerzeugern und Brennstoffverbräuchen dargestellt.

Tabelle 1: Die Liegenschaften mit den installierten Wärmeezeugern und den Brennstoffverbräuchen

Liegenschaft	Energieträger	Wärmeezeuger		Brennstoffverbrauch
		[kW]	[Baujahr]	[kWh/a]
Schule Turnhalle	Hackgut	220	2005	440.000
Kindergarten	Heizöl	180	1979	30.000
Pfarrheim	Heizöl	140	1984	
Rathaus	Heizöl	104	1981	70.000
Kirche	Heizöl	80	1980	60.000
Feuerwehrhaus	Heizöl	34	1988	15.000
Bauhof	Heizöl	40	1994	30.000

Aus dem Brennstoffverbrauch, der Art und dem Alter der Wärmeezeuger kann auf den Wärmebedarf geschlossen werden. Der Wärmebedarf einer Liegenschaft ist um den Nutzungsgrad des Wärmeezeugers geringer als der Brennstoffverbrauch.

Der jährliche Wärmebedarf im Bereich kommunale Liegenschaften beträgt inklusive der Netzverluste i. H. v. rund 25.000 kWh ca. **400.000 kWh**.

2.1.2 Neubaugebiet „Maueräcker“

Im Rahmen des kommunalen Energieeinsparkonzeptes wurde die technisch-wirtschaftliche Machbarkeit, sowie die ökologischen Auswirkungen einer Nahwärmeversorgung des in der Erschließung befindlichen Neubaugebietes Maueräcker untersucht. Das Neubaugebiet „Maueräcker“ umfasst 28 Parzellen für Einfamilienhäuser. Im folgendem sind die Annahmen zur Ermittlung des Wärmebedarfs im Baugebiet Maueräcker genannt,

- 28 Parzellen
- 150 m² Wohnfläche pro Parzelle
- 60 kWh/m²*a Heizwärmebedarf
- 12,5 kWh/m²*a Wärmebedarf zur Brauchwasserbereitung

Der jährliche Wärmebedarf im Neubaugebiet „Maueräcker“ beläuft sich somit auf rund **310.000 kWh**.

Bei der Berechnung des Endenergieeinsatzes wird von einem Heizölkessel mit solarthermischer Unterstützung ausgegangen. Gemäß EE-Wärme-Gesetz muss dazu eine mindest Kollektorfläche von 4% der Wohnfläche installiert werden.

2.1.3 private Liegenschaften

Zur Ermittlung des thermischen Energiebedarfs im restlichen Ort Nassenfels, wurden vom zuständigen Bezirkskaminkehrer die installierten Kesselleistungen straßenzugweise angefordert.

Diese Daten enthielten die Anzahl und die Leistungen der einzelnen Kesseltypen nach ihrem Brennstoff. Die einzelnen Kesselleistungen wurden mit Hilfe der Jahresvolllaststunden zum Wärmebedarf umgerechnet. Es wurde eine typische durchschnittliche jährliche Laufzeit im Volllastbereich von 1.400 Stunden pro Jahr angenommen. Der Energieeinsatz ist um den Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers höher als die Nennwärmeleistung. Der Wirkungsgrad wird mit 90% angesetzt.

In Abbildung 1 sind die Energieäquivalenten – Anteile der zur thermischen Energiebereitstellung eingesetzten Energieträger dargestellt. In der Darstellung sind die Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften und Kirchenstiftungs-Liegenschaften nicht enthalten.

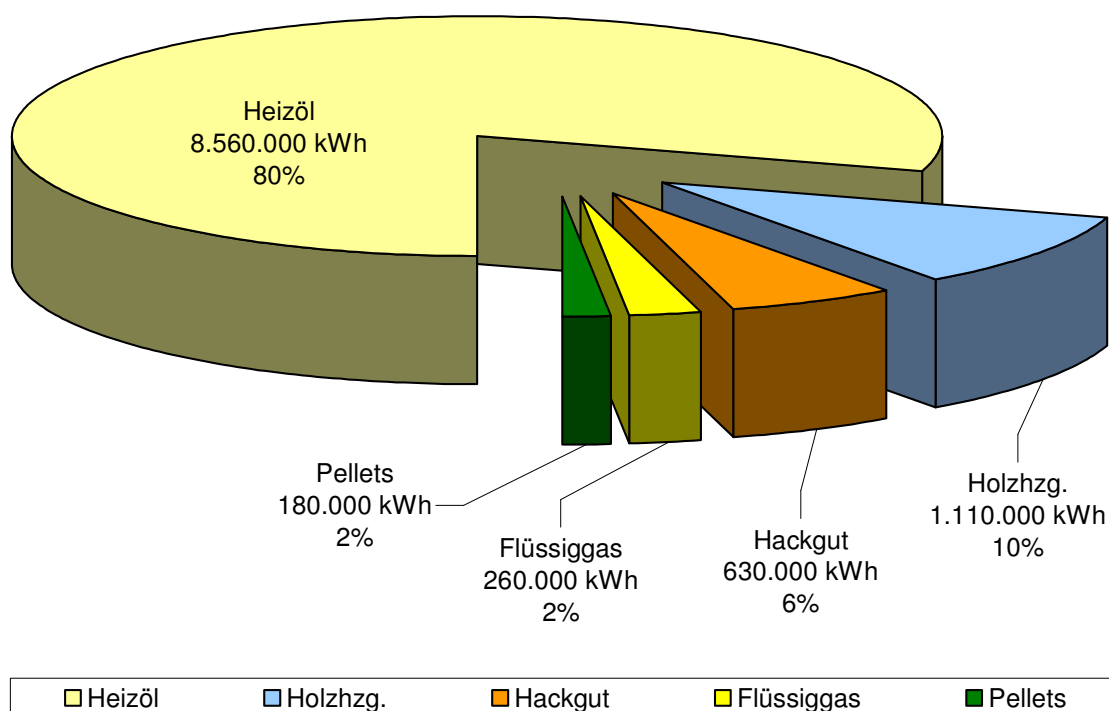


Abbildung 1: Die aus der Kaminkehrerstatistik ermittelte Anteile der eingesetzten Energieträger zur thermischen Energiebereitstellung in Nassenfels, ohne kommunale Liegenschaften.

Der jährliche Gesamtenergieeinsatz zur thermischen Energieversorgung im privaten Bereich beträgt rund **10.740.000 kWh**.

2.1.4 Der Gesamtendenergieeinsatz

Der Gesamtendenergieeinsatz ergibt sich aus der Summe Endenergieeinsätze der kommunalen Liegenschaften, dem Neubaugebiet „Maueräcker“ und den privaten Liegenschaften. In Abbildung 2 der ist der Gesamtendenergieeinsatz im Kernort Nassenfels dargestellt. Der Gesamtendenergieeinsatz zur thermischen Energiebereitstellung beträgt rund **11.640.000 kWh**.

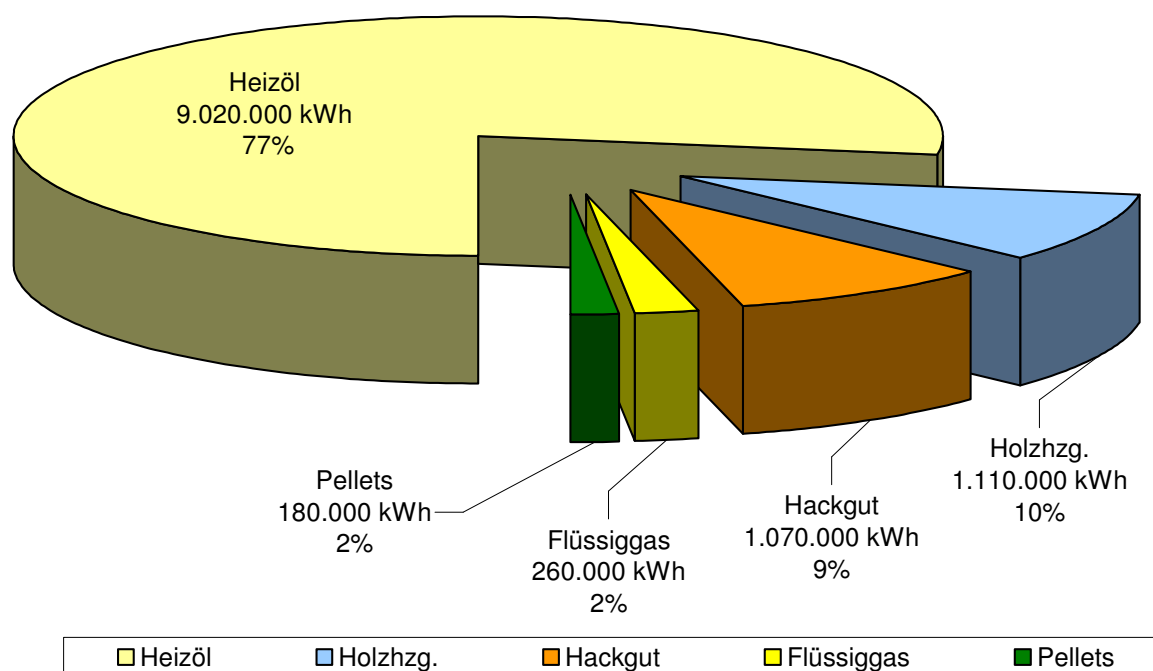


Abbildung 2: Der Gesamtendenergieeinsatz zur thermischen Energiebereitstellung in Nassenfels.

Für die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpensystem wird kein Endenergieeinsatz berücksichtigt, da laut BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) der Zubau von Wärmepumpen im Zeitraum von 2000 bis 2010 im Markt Nassenfels kleiner 5 Anlagen war und somit vernachlässigbar ist.

2.2 Der Primärenergieeinsatz

Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht, wie etwa Kohle, Gas und Wind. Bis zum Verbraucher wird diese Primärenergie über Endenergie in Nutzenergie umgewandelt. Dieser Vorgang ist mit Verlusten behaftet, weshalb die Energiemenge, die im Rohstoff enthalten ist, nicht zu 100 % vom Verbraucher genutzt werden kann. Je nach Energieträger sind diese Verluste unterschiedlich hoch. Diese Verluste sind im Primärenergiefaktor zusammengefasst, der dann zur besseren Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Energieträger dient. In Tabelle 2 sind die einzelnen Primärenergiefaktoren der eingesetzten Energieträger dargestellt, die bei den Berechnungen verwendet wurden.

Tabelle 2: Der kumulierte Energieaufwand für verschiedene Energieträger und der Primärenergieeinsatz

Energieträger	kumulierter Energieaufwand [kWh _{Prim.} /kWh _{End.}]	Endenergieeinsatz [kWh/a]	Primärenergieeinsatz [kWh/a]
Heizöl	1,11	9.020.000	10.010.000
Brennholz	0,01	1.110.000	11.000
Flüssiggas	1,12	260.000	290.000
Hackgut	0,06	1.070.000	64.000
Pellets	0,14	180.000	25.000
Summe		11.640.000	10.400.000

Der jährliche Primärenergieeinsatz für die thermische Energiebereitstellung beläuft sich im Kernort Nassenfels rund **10.400.000 kWh**.

2.3 Der CO₂-Ausstoß

Die CO₂-Emissionen bilden sich aus dem Endenergieeinsatz pro Energieträger im Zeitraum eines Jahres. In der Tabelle 3 sind für die verschiedenen Energieträger die CO₂ – Äquivalente dargestellt, die vom Deutschen Institut für Wohnen und Umwelt ermittelt wurden. Mit Hilfe dieser Werte und den einzelnen Verbräuchen der jeweiligen Energieart kann der CO₂– Ausstoß berechnet.

Tabelle 3: Die CO₂-Äquivalente für verschiedene Energieträger und der jährliche CO₂-Ausstoß

Energieträger	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh _{End.}]	Endenergieeinsatz [kWh/a]	CO ₂ -Ausstoß [t/a]
Heizöl	302	9.020.000	2.724
Brennholz	6	1.110.000	7
Flüssiggas	244	260.000	63
Hackgut	35	1.070.000	37
Pellets	41	180.000	7
Summe		11.640.000	2.840

Der jährliche CO₂-Ausstoß durch die thermische Energiebereitstellung beträgt im Kernort Nassenfels rund **2.840 t**.

3 Neubaugelbiet Maueräcker

Im Folgenden wird die Möglichkeit der thermischen Energieversorgung des Neubaugelbietes „Maueräcker“ in Form einer Insellösung untersucht. Im ersten Schritt wird dabei eine Nahwärmeverbundlösung entwickelt und zwei Anschlusszenarien (60 % und 100 %) betrachtet. Die Anschlussdichte beschreibt das Verhältnis der an das Nahwärmeverbundnetz angeschlossenen Liegenschaften zur Anzahl der Gesamtliegenschaften im Gebietsumfang (28 Liegenschaften, 60% -> 17 Liegenschaften).

Daraus ergeben sich die Netzkennwerte, mit denen die s. g. Durchleitungskosten ermittelt werden. Zu den Durchleitungskosten addieren sich die Kosten für die Wärmeerzeugung zum kostendeckenden Wärmepreis vor Abnehmer. Vergleichend werden abschließend die spez. Wärmegestehungskosten dezentraler Systeme, die dem EEWärme-Gesetz entsprechen, gegenübergestellt.

Das Neubaugelbiet umfasst 28 Parzellen für Einfamilienhäuser. Folgende Annahmen wurden zur Ermittlung des Wärmebedarfs getroffen:

- 28 Parzellen
- 150 m² Wohnfläche pro Bauplatz
- 60 kWh/m²*a Heizwärmebedarf
- 12,5 kWh/m²*a Wärmebedarf zur Brauchwasserbereitung

Der jährliche Wärmebedarf beläuft sich somit auf rund **310.000 kWh**.

3.1 Die Nahwärmeverbundlösung

In Abbildung 3 ist die Nahwärmeverbundlösung mit einem möglichen Verlauf der Leitungen dargestellt.

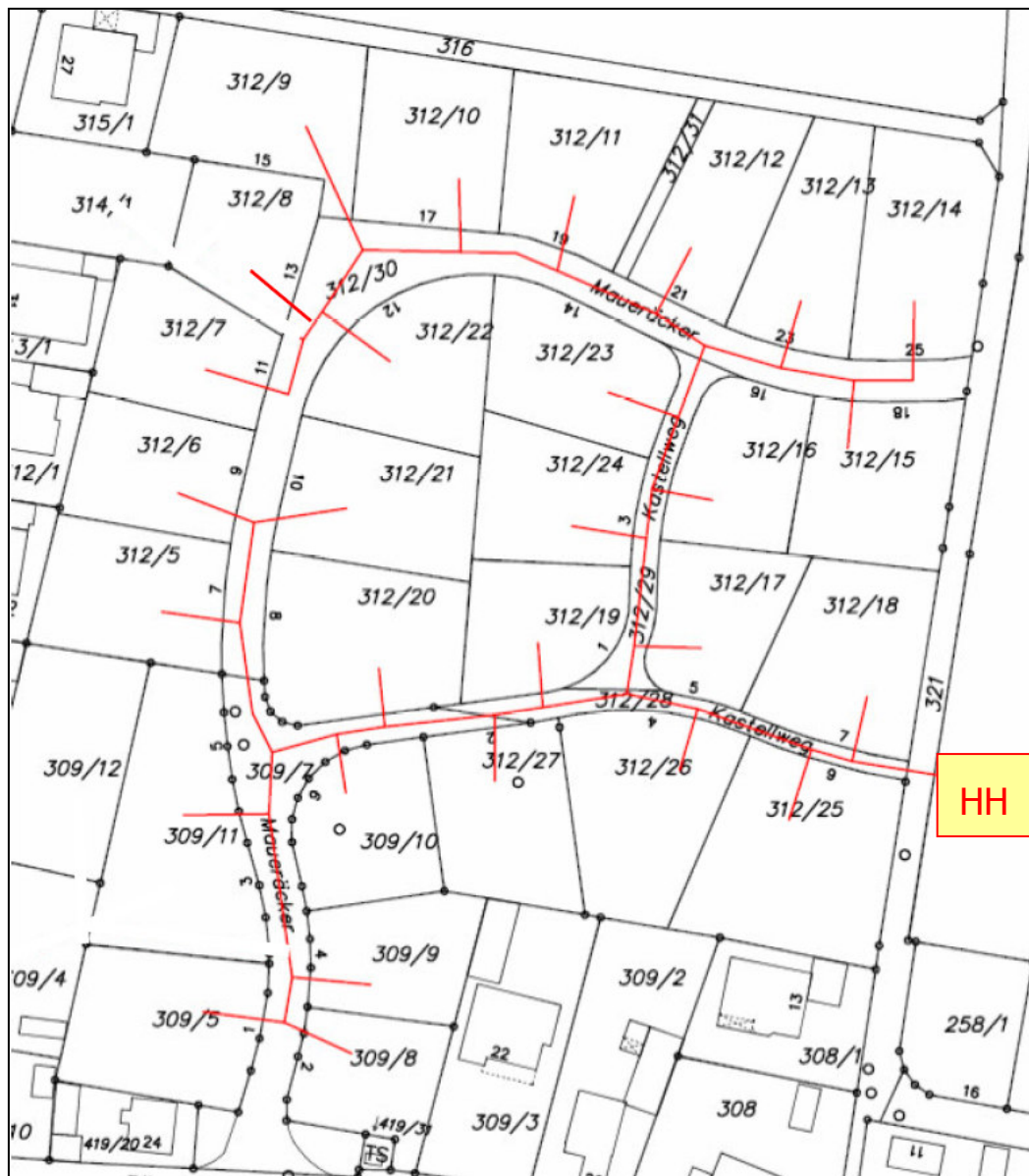


Abbildung 3: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“

In Tabelle 4 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ für eine Anschlussdichte von 60 und 100 % dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt rund 140 bzw. 220 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 510 bzw. 810 Meter, die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf rund 367 bzw. 383 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich auf ca. 35 bzw. 32 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 4: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ für eine Anschlussdichte von 60 % und 100 %

Anschlussdichte		60%	100%
Maximale Netzleistung ab HH	[kW]	140	220
Nahwärme ab HH	[kWh]	252.000	409.000
Verkaufte Nahwärme	[kWh]	187.000	310.000
Verlustwärme	[kWh]	65.000	99.000
Netzlänge	[m]	510	810
Leistungsbelegung	[kW/m]	0,3	0,3
Wärmebelegung	[kWh/m]	367	383
Jahreswärmeverlust	[%]	35	32
Jahres-Pumpenergiebedarf	[kWh el]	2.000	2.500

3.2 Der Gesamtwärmebedarf

Bei 100 % Anschlussdichte ergibt sich im Nahwärmeverbundnetz „Maueräcker“ ein jährlicher Wärmebedarf von rund 310.000 kWh und ein Netzverlust von rund 100.000 kWh. Der jährliche Gesamtwärmebedarf beträgt somit rund 410.000 kWh.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 4 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ dargestellt.

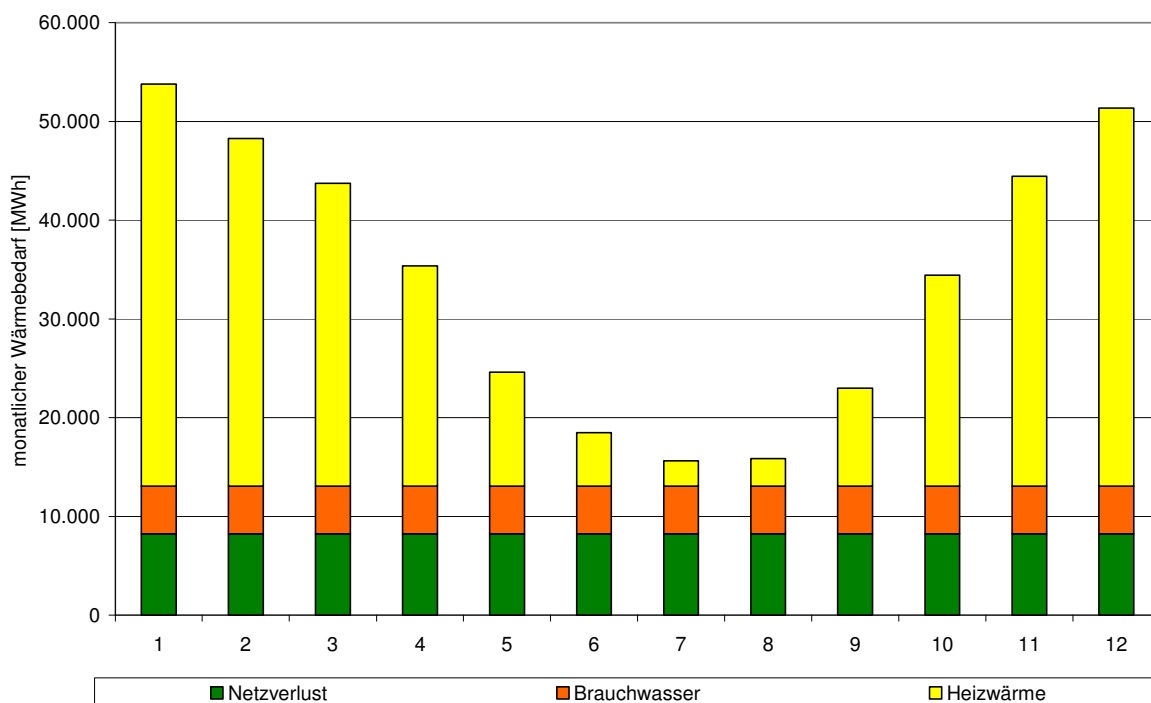


Abbildung 4: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ bei 100 % Anschlussdichte

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme, der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastrechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 5 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ dargestellt.

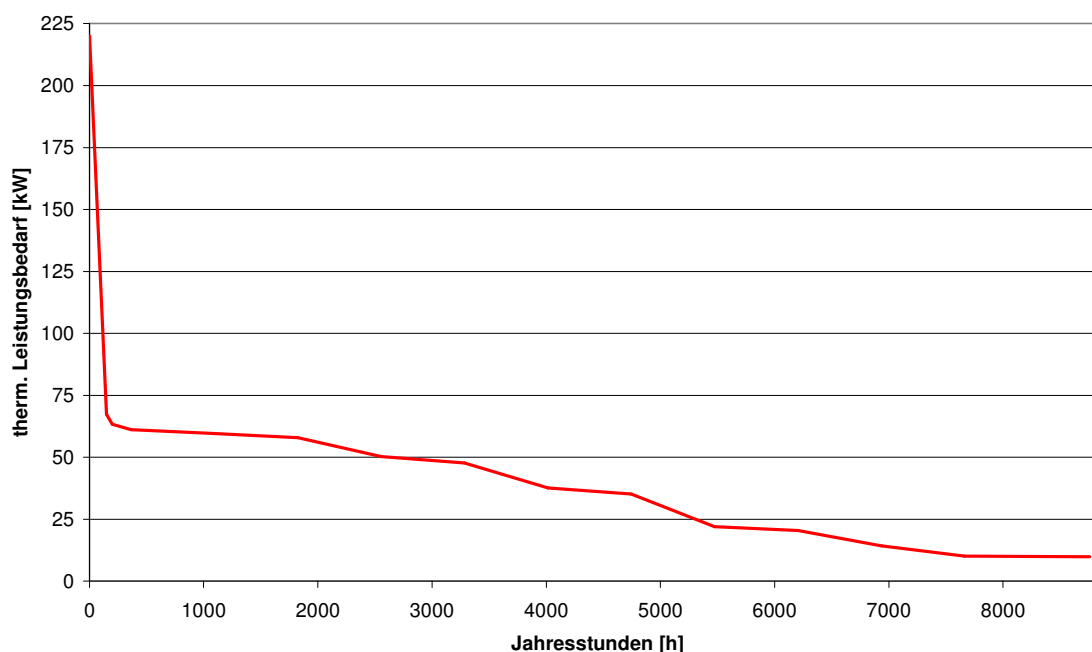


Abbildung 5: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs im Nahwärmeverbundnetz „Maueräcker“ bei 100 % Anschlussdichte

3.3 Die Durchleitungskosten

Im Folgenden werden die spezifischen Durchleitungskosten bezogen auf die verkaufte Wärmemenge für die beiden Anschlusszenarien von 60 und 100 % ermittelt. Für die Kostenermittlung werden Marktdurchschnittspreise und Erfahrungswerte bereits realisierter Projekte herangezogen.

Die detaillierte Vorgehensweise in der Wirtschaftlichkeitbetrachtung ist unter Kapitel 5.3.1 auf Seite 44 beschrieben. Im Folgenden die wichtigsten Rahmenbedingungen:

- Vollkostenrechnung in Anlehnung an die VDI 2067
- Alle Preise Netto
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Fremdfinanziert, Zinssatz 4,5 %

In Tabelle 5 sind die spezifischen Durchleitungskosten **ohne Netzverlust** dargestellt. Die Durchleitungskosten beinhalten den Kapitaldienst, der aus den Investitionskosten resultiert, die Instandhaltungs- und Wartungskosten sowie die Netzbetriebskosten (Pumpstrom). Demnach belaufen sich die spezifischen Durchleitungskosten bei 100 % Anschlussdichte auf rund 8,4 Cent/kWh und bei einer Anschlussdichte von 60 % auf 10,1 Cent/kWh.

Tabelle 5: Die spezifischen Netzdurchleitungskosten ohne Netzverlust

Anschlussdichte	%	60	100
Kapitaldienst	€/a	15.160	20.600
Instandhaltung und Wartung	€/a	3.420	5.040
Netzbetriebskosten	€/a	360	450
<i>Summe</i>	€/a	<i>18.940</i>	<i>26.090</i>
verkaufte Wärmemenge	kWh/a	187.000	310.000
spezifische Durchleitungskosten ohne Netzverlust	Cent/kWh	10,1	8,4

Die Kosten für den Netzverlust sind vom Wärmepreis der Erzeugungsanlage abhängig, der Einfluss auf die spezifischen Durchleitungskosten wird im Folgenden betrachtet.

Die absoluten Durchleitungskosten sind wie beschrieben vom spezifischen Wärmepreis der Erzeugungsanlage abhängig und werden zur Veranschaulichung in Abbildung 6 für Erzeugungspreise von 4 bis 12 Cent/kWh betrachtet.

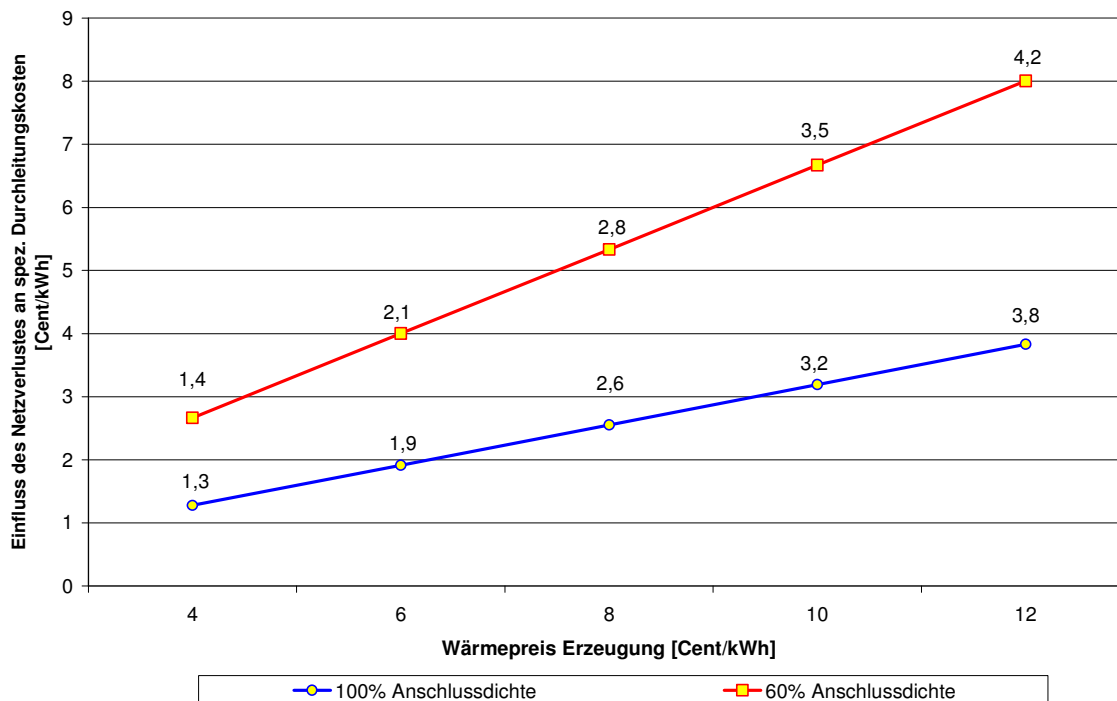


Abbildung 6: Der Anteil des Netzverlustes an den spez. Durchleitungskosten in Abhängigkeit des Wärmeerzeugerpreises

In Abbildung 7 sind die spezifischen Durchleitungskosten **mit Netzverlust** bei einem Wärmeerzeugerpreis von 8 Cent/kWh für die Anschlussdichte von 60 und 100 % beispielhaft dargestellt.

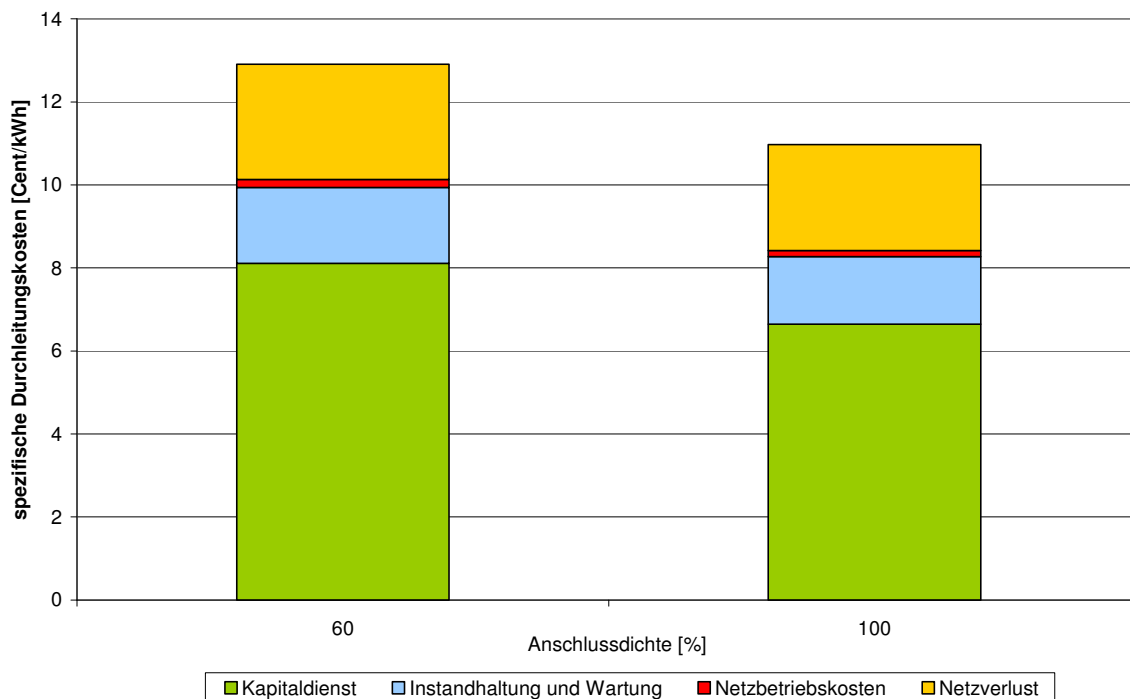


Abbildung 7: Die spezifischen Durchleitungskosten mit Netzverlust aufgeteilt nach Kostenarten für die Anschlussdichten von 60 und 100 %

3.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend werden die ermittelten spezifischen Durchleitungskosten den spezifischen Wärmegestehungskosten dezentraler Systeme, die dem EEWärme-Gesetz entsprechen, gegenübergestellt. Für die Netzverluste wurde ein spezifischer Wärmeerzeugerpreis von 8 Cent/kWh angesetzt.

Tabelle 6: Die spezifischen Durchleitungskosten und spezifischen CO₂-Emissionen im Vergleich

Wärmegestehungskosten (12 kW Einheit)	dezentrale Erzeugung			Nahwärmeversorgung
	Holzpelletkessel	Wärmepumpe	Heizöl+Solar	
[Cent/kWh]	19,3	20,6	17,3	
Durchleitungskosten				
bei 100% Anschlussdichte [Cent/kWh]				11,0
bei 60% Anschlussdichte [Cent/kWh]				12,9
CO ₂ -Emissionen [g/kWh]	57	181	262	85*

*Hackgutkessel mit Heizölspitzenlast

Aus dem Vergleich geht hervor, dass der kostendeckende Wärmepreis vor Abnehmer im Nahwärmenetz bei 100 % Anschlussdichte und einem spezifischen Wärmeerzeugungspreis von < 7 Cent/kWh konkurrenzfähig zu dezentralen Systemen ist.

Die Wärmebelegung im Netz beträgt bei einer Anschlussdichte von 100 % nur rund 383 kWh/(m²a). Fördermittel für die Errichtung von Nahwärmeverbundlösungen werden ab einer Wärmebelegung von 500 kWh/(m²a) erteilt. Für die Nahwärmeverbundlösung „Maueräcker“ sind somit keine Förderungen zu erwarten.

Da kein Anschluss- und Nutzerzwang für das Neubaugebiet „Maueräcker“ besteht, könnte sich in der Realität durch den Zubau von staatlich geförderten Wärmeerzeugern wie z.B. Solarthermie und s. g. Schweden-/ Kachelöfen eine Verringerung des Wärmebedarfes durch Eigenerzeugung ergeben. Der Einfluss auf dieses Szenario wurde bisher nicht berücksichtigt. Die dadurch entstehende Kostenentwicklung ist qualitativ einer niedrigeren Anschlussdichte gleichzusetzen.

4 Ausarbeitung eines Wärmekatasters

Der Wärmekataster für den Kernort Nassenfels ist eine wichtige Grundlage für zukünftige Maßnahmen zum Aufbau einer zentralen Wärmeerzeugung, welche eine wichtige Funktion zur Minderung von CO₂-Emissionen übernimmt. Durch eine zentrale Wärmeerzeugung lassen sich effizient und ggf. simultan thermische und elektrische Energie bereitstellen.

Mithilfe dieses Wärmekatasters werden Bereiche lokalisiert, die durch einen Wärmeverbund sinnvoll versorgt werden können.

Bei der Erstellung des Wärmekatasters wurde auf Daten des Schornsteinfegers zurückgegriffen. Diese Daten wurden straßenzugweise nach Anzahl, installierter Leistung und Art der Wärmeerzeugung zur Verfügung gestellt. Bei der Auswertung der Daten wurden jährlich 1.400 Volllaststunden für jeden Wärmeerzeuger festgelegt. Um den jährlichen Wärmebedarf zu erhalten, werden die jeweiligen Leistungen der Wärmeerzeuger mit den angenommenen Volllaststunden multipliziert. Die Wärmebelegung pro Straße erhält man durch Division des Wärmebedarfs mit der dazugehörigen gesamten Straßenlänge. Die gesamte Netzlänge, die zur Erschließung der Liegenschaften notwendig ist, erhält man durch Addition der Straßenlängen und einer Pauschale von acht Meter pro Hausanschlussleitung.

Die Wärmebelegung beschreibt somit das Verhältnis der jährlich benötigten Wärmemenge zur Länge des für die Erschließung notwendigen Netzes (Trassenlänge). Als Richtwert gelten $1.500 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{m} \cdot \text{a})$, da sich unter diesem Wert ein Wärmenetz in der Regel nicht effizient betreiben lässt. In Tabelle 7 sind die Abstufungen der Wärmebelegung mit der zugehörigen Füllfarbe dargestellt. Nach Bestimmung der Wärmebelegungen, der einzelnen Straßen, werden diese digitalisiert.

Tabelle 7 Die Abstufungen der Wärmebelegungen im Wärmekataster

Wärmebelegung [kWh/(m*a)]
< 1.500
1.500 bis 2.500
2.500 bis 3.500
> 3.500

In Abbildung 8 ist der Wärmekataster für eine Anschlussdichte von 100% dargestellt. Die Anschlussdichte beschreibt das Verhältnis von Liegenschaften im Gebietsumgriff des Nahwärmenetzes zu den Liegenschaften die an das Nahwärmenetz angeschlossen sind. Bei einer Anschlussdichte von 100% ist die Wärmebelegung in der Schulstraße, der Geniusstraße, der Ringstraße und dem Rosenweg größer als $1.500 \text{ kWh}_{\text{th}} / (\text{m}_{\text{Tr}} \cdot \text{a})$.

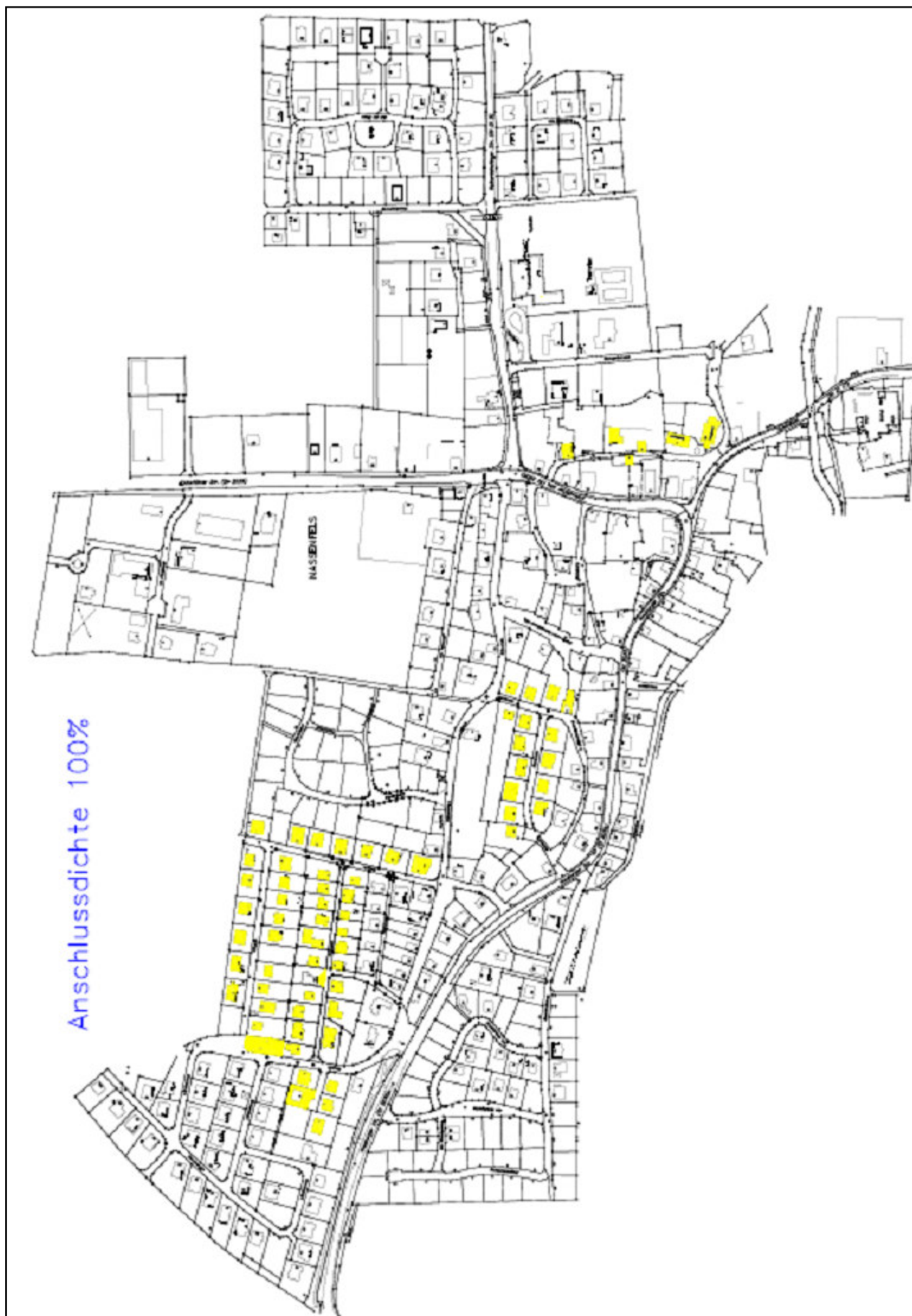


Abbildung 8: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 100%

In Abbildung 9 ist der Wärmekataster für eine Anschlussdichte von 80% dargestellt. Bei einer Anschlussdichte von 80% ist die Wärmebelegung in der Schulstraße und dem Rosenweg größer als $1.500 \text{ kWh}_{\text{th.}}/(\text{m}_{\text{Tr.}} \cdot \text{a})$.

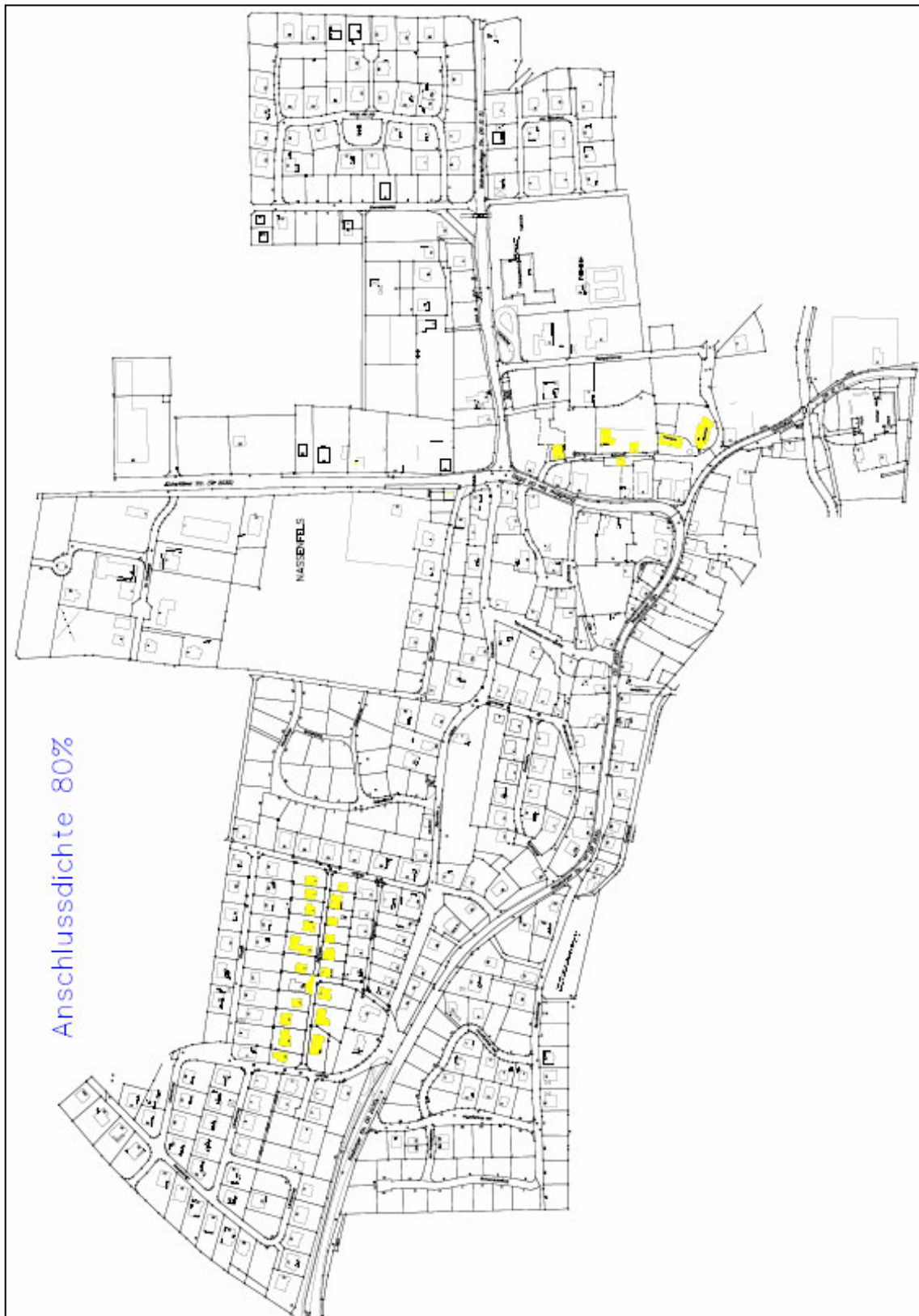


Abbildung 9: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 80%

In Abbildung 10 ist der Wärmekataster für eine Anschlussdichte von 60% dargestellt. Bei einer Anschlussdichte von 60% wird in keiner Straße eine Wärmebelegung von $1.500 \text{ kWh}_{\text{th.}}/(\text{m}_{\text{Tr.}} \cdot \text{a})$ erreicht.

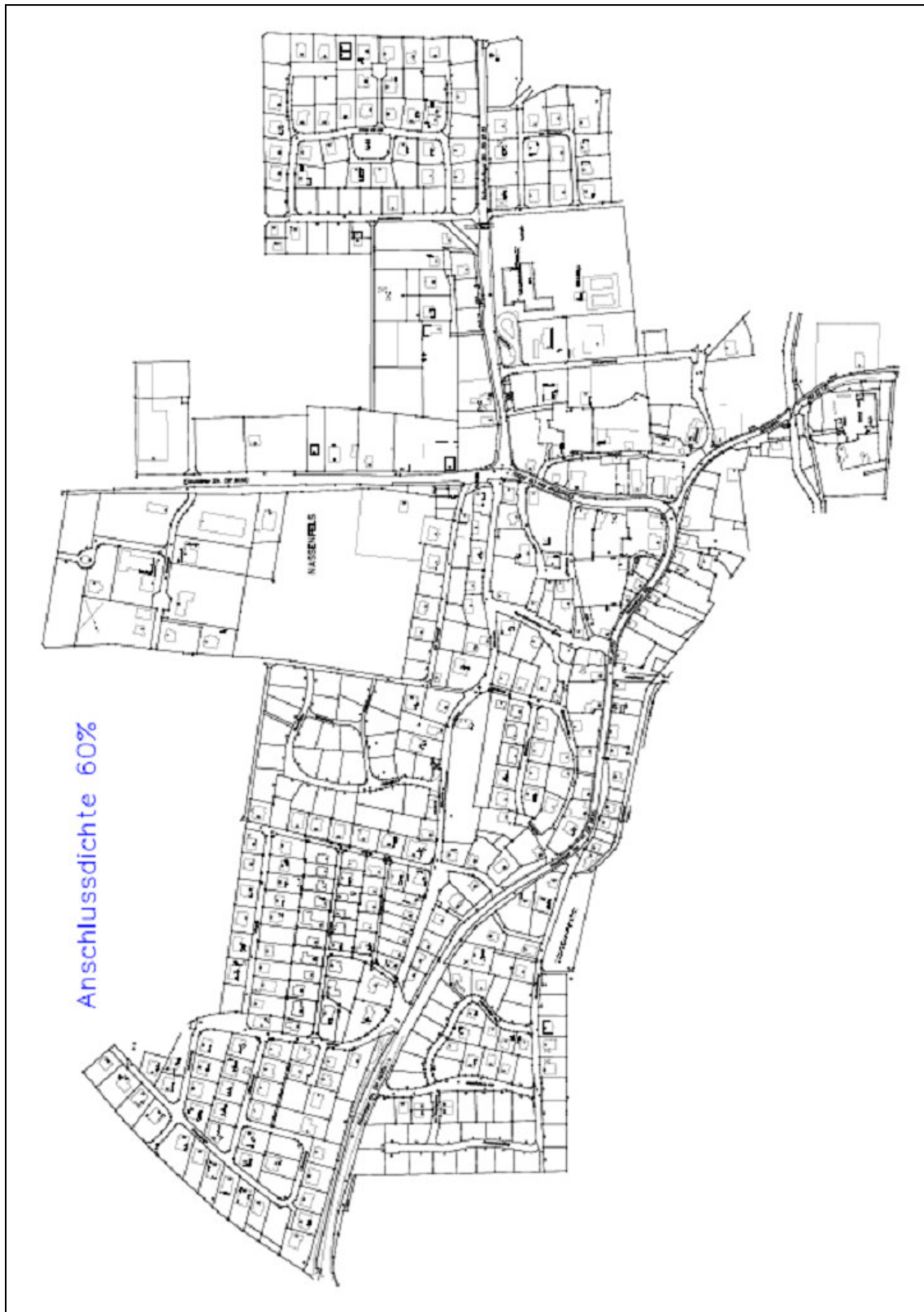


Abbildung 10: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 60%

Zusammenfassend sind die Ergebnisse des Wärmekatasters in der Tabelle 8 dargestellt. In der Eichstätter Straße sowie im Weingarten Weg resultieren die hohen Wärmebelegungen jeweils aus einer großen Biomassefeuerung. Werden diese in den Berechnungen berücksichtigt, liegt die Wärmebelegung in beiden Straßen, auch bei einer Anschlussdichte von 100% unter $1.500 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{m}_{\text{Tr.}} \cdot \text{a})$.

Tabelle 8: Die Wärmebelegungen in Abhängigkeit der Anschlussdichte

	Anschlussdichte		
	100%	80%	60%
	[kWh/(m*a)]	[kWh/(m*a)]	[kWh/(m*a)]
Eichstätter Straße	2.529	2.114	1.661
Schulstraße	2.352	1.915	1.462
Rosenstraße	1.993	1.715	1.392
Weingartenweg	1.663	1.375	1.066
Geniusstraße	1.613	1.380	1.112
Ringstraße	1.570	1.326	1.053
Lärchenweg	1.420	1.209	970
Neuburger Straße	1.395	1.191	957
Birkenweg	1.270	1.060	832
Bonaberg	1.263	1.058	833
Winkelmann Weg	1.099	922	727
Am Klausbug	1.033	870	688
Bei der Klaus	988	838	668
Martin v. Schaumberg Str.	848	713	564
Römerstraße	847	708	555
Am Krautgarten	831	693	542
Schloßstraße	647	534	413
Wolkertshofener Str.	474	389	299
Neunbaumweg	453	376	292
Speckmühlweg	333	274	211

Nach Vorstellung des Wärmekatasters am 18.04.2011 wurde im Marktrat beschlossen, die weiteren Betrachtungen auf folgende zwei Gebietsumgriffe zu fokussieren:

- Nahwärmeverbundlösung Schulstraße
-> kommunalen Gebäuden und private Abnehmer
- Nahwärmeverbundlösung Rosenweg
-> private Abnehmer im Rosenweg, Ringstraße und Lärchenweg bei 80 % Anschlussdichte.

5 Die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße

In der Nahwärmeverbundlösung Schulstraße werden folgende Liegenschaften betrachtet,

- Rathaus
- Kirche
- Bäckerei Bauer
- Sparkasse
- Gasthaus Schweiger

Die Errichtung der Heizzentrale ist bei den Versorgungsvarianten 1 bis 5 im Nebengebäude der Bäckerei Bauer angedacht. Bei der Variante 6 wird die Versorgung der Nahwärmeverbundlösung Schulstraße von der bestehenden Hackgutheizung der Schule betrachtet. In Abbildung 11 ist die Nahwärmeverbundlösung mit einem möglichen Verlauf der Leitungen dargestellt.

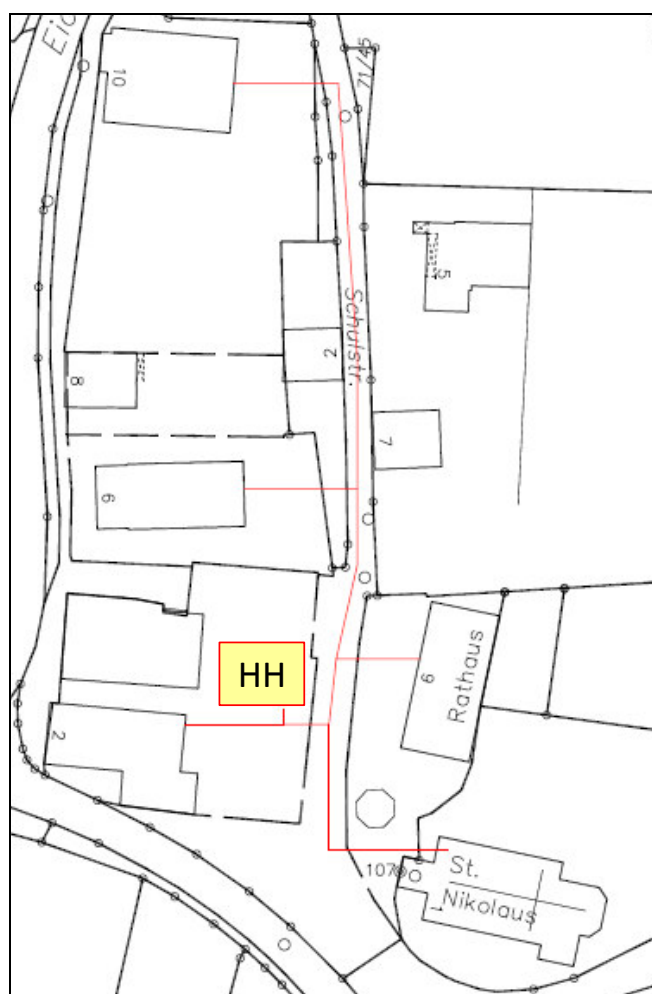


Abbildung 11: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße

In Tabelle 9 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 170 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 230 Meter, die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf rund 1.200 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 30.000 kWh auf ca. 11 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 9: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße

Netzlänge	230	[m]
Heizleistung	170	[kW]
abgesetzte Nahwärme	277.000	[kWh/a]
Verlustwärme	30.000	[kWh/a]
Verlust	11	[%]
Wärmebelegung	1.204	[kWh/m*a]
Leistungsbelegung	0,7	[kW/m]

5.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Nutzwärmebedarf von rund 277.000 kWh und einem Netzverlust von 30.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 307.000 kWh.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 12 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße dargestellt.

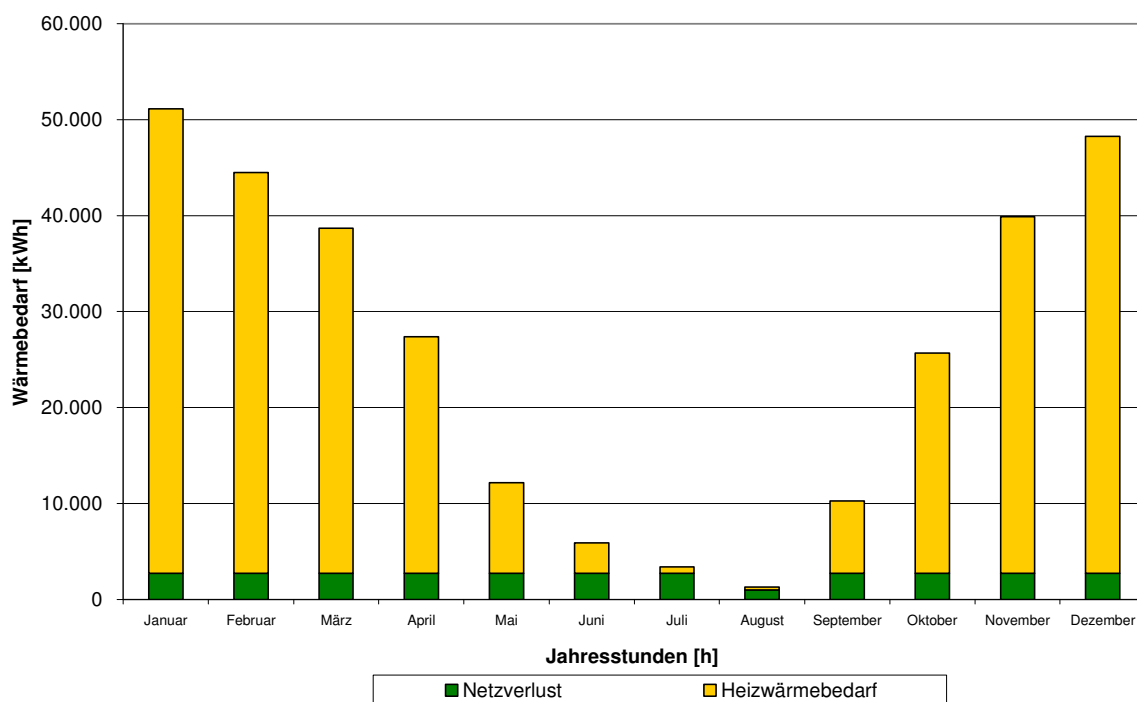


Abbildung 12: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagenysteme, der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastrechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 13 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße dargestellt.

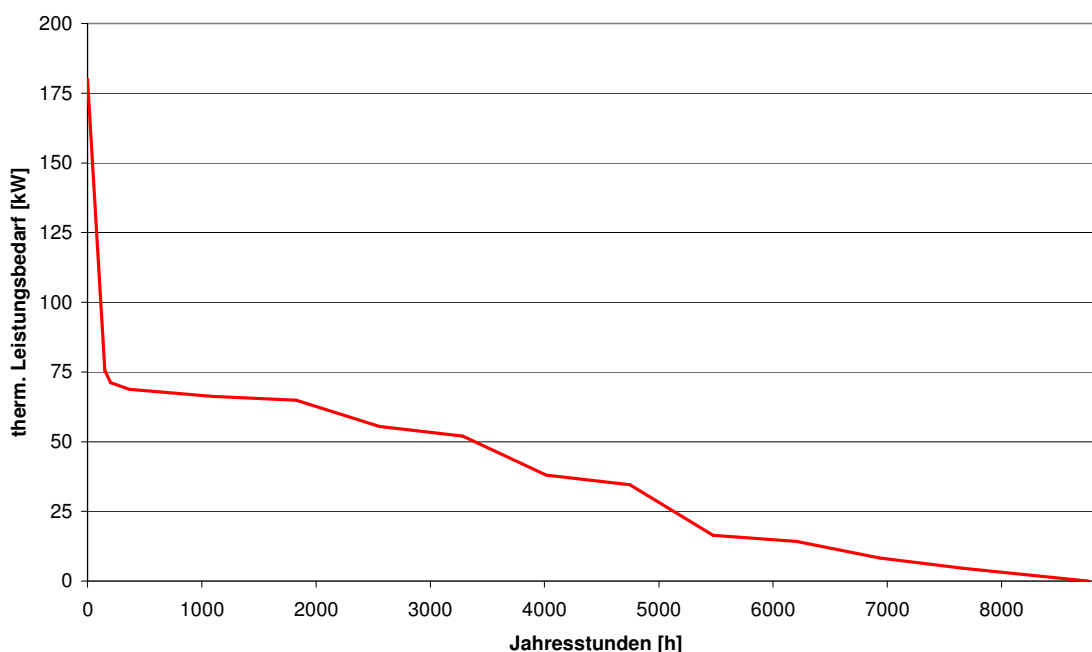


Abbildung 13: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße

Informationen zu den Wärmeerzeugern

Beim Einsatz von **Blockheizkraftwerken** muss berücksichtigt werden dass diese wartungsintensiv sind. Bei Pflanzenöl- BHKW ist nach wenigen hundert Betriebsstunden das Motoröl zu wechseln, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Je nach Hersteller und Einsatzbedingungen des BHKW ist nach in etwa 20.000 Betriebsstunden eine Motorüberholung bzw. ein Austausch des Motors erforderlich. Bei Gas- BHKW können je nach Hersteller und Größe der Anlage längere Intervalle vorliegen.

Blockheizkraftwerke sollen im Dauerbetrieb zur Grundlastversorgung eingesetzt werden, ein häufiges Takten - Starten und Stoppen des Motors – ist zu vermeiden. Um einen optimierten Dauerbetrieb zu gewährleisten ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert des Pflanzenöls von 9,3 kWh/l ausgegangen, der produzierte Strom wird im Allgemeinen ins öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet.

Beim Einsatz von Gas wird der vom BHKW erzeugte Strom in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem KWKG- Gesetz vergütet.

Beim Einsatz eines **Hackschneidbunkers** muss berücksichtigt werden, dass ein Hackschnitzelbunker oder -lagerbereich eingerichtet, bzw. errichtet werden muss. Dadurch ist bei diesen Varianten ein erhöhter Platzbedarf notwendig. Der jährliche Verbrauch an Hackschnitzel wird bei den einzelnen Varianten in Tonnen angegeben. Dieser Verbrauch ist stark von der Qualität der eingesetzten Hackschnitzel abhängig. Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert von 3,5 kWh/kg und einer Schüttdichte von 220 kg/m³ ausgegangen. Um einen optimierten Betrieb zu gewährleisten ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass eine Zufahrtmöglichkeit zur Befüllung des Lagers gegeben sein muss. Die Belieferungsintervalle sind von der Betriebssituation und der Lagerkapazität abhängig und können von wenigen Tagen bis wenigen Wochen variieren.

Bei den Varianten mit **Pelletkessel** muss berücksichtigt werden, dass ein Pelletlager (Bunker, Silo, Erdtank) errichtet werden muss. Dadurch ist bei diesen Varianten ein erhöhter Platzbedarf notwendig. Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert von 4,9 kWh/kg und einer Schüttdichte von 650 kg/m³ ausgegangen. Der Platzbedarf für die Lagerung von Pellets ist somit deutlich geringer als bei Hackschnitzel. Um einen optimierten Betrieb zu gewährleisten, wird der Einsatz eines Pufferspeichers empfohlen.

Bei der **Holzvergasung** wird durch die s. g. thermochemische Umwandlung, die in der Biomasse gebundene Energie in die gasförmige Phase überführt. Das dabei entstehende Brenngas wird dann in modifizierten KWK-Anlagen verstromt. Hauptproblem der Holzgaserzeugung ist die im Brenngas enthaltenen Fracht an leicht kondensierbaren Kohlenwasserstoffen dem s. g. Teer. Ist der Teergehalt zu hoch, kann es innerhalb kurzer Betriebszeiten in der KWK-Anlage zu erheblichen Schäden kommen.

5.2 Die Versorgungsvarianten

5.2.1 Variante 1.1: dezentrale Heizölkessel (Referenz)

Bei der Referenzvariante 1.1 wird jede dezentrale Wärmeerzeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet. Jährlich werden rund 30.600 Liter Heizöl verbraucht.

Bei den Investitionskosten wird von einer Erneuerung der Heizölkessel ausgegangen.

5.2.2 Variante 1.2: Hackgutkessel mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.2 wird zur Grundlastdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 80 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW zum Einsatz. Abbildung 14 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 3.400 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 91 Tonnen Hackgut und rund 3.800 Liter Heizöl verbraucht.

Für einen 10-tägigen Volllastbetrieb des Hackgutkessels müssen ca. 30 m³ Hackgut vorgehalten werden, je nach Befüllungsintervall kann die Bunkerauslegung anders erfolgen.

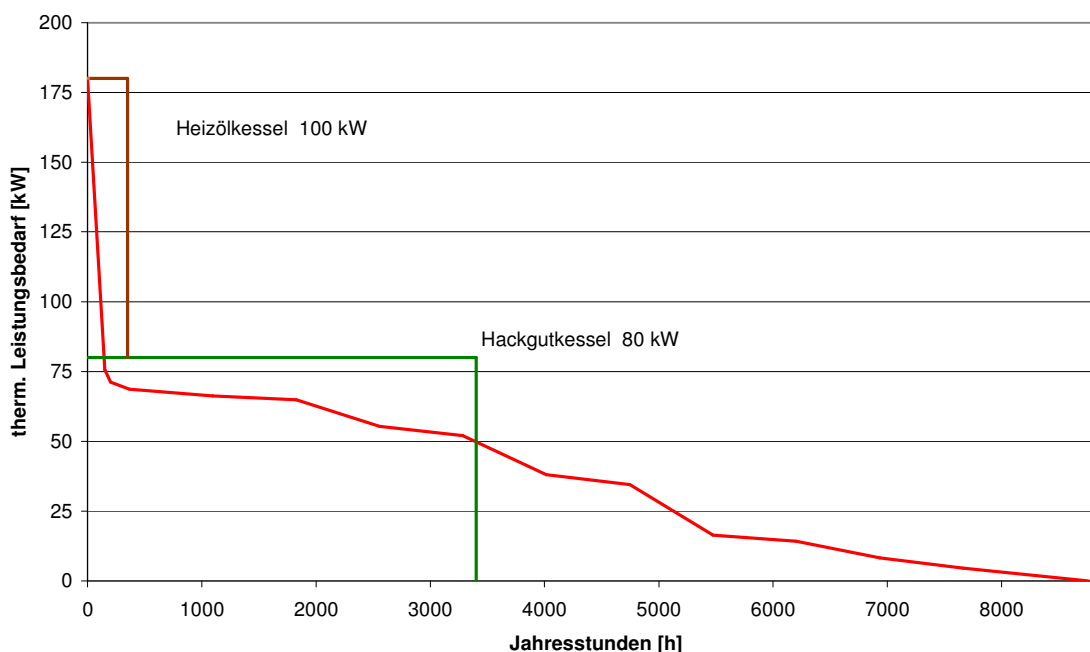


Abbildung 14: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	80	100
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.400	350
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	272.000	35.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	89	11

5.2.3 Variante 1.3: Holzpelletkessel mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Holzpelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 80 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW zum Einsatz. Abbildung 15 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel ergeben sich etwa 3.400 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 63 Tonnen an Holzpellets und 3.800 Liter Heizöl verbraucht.

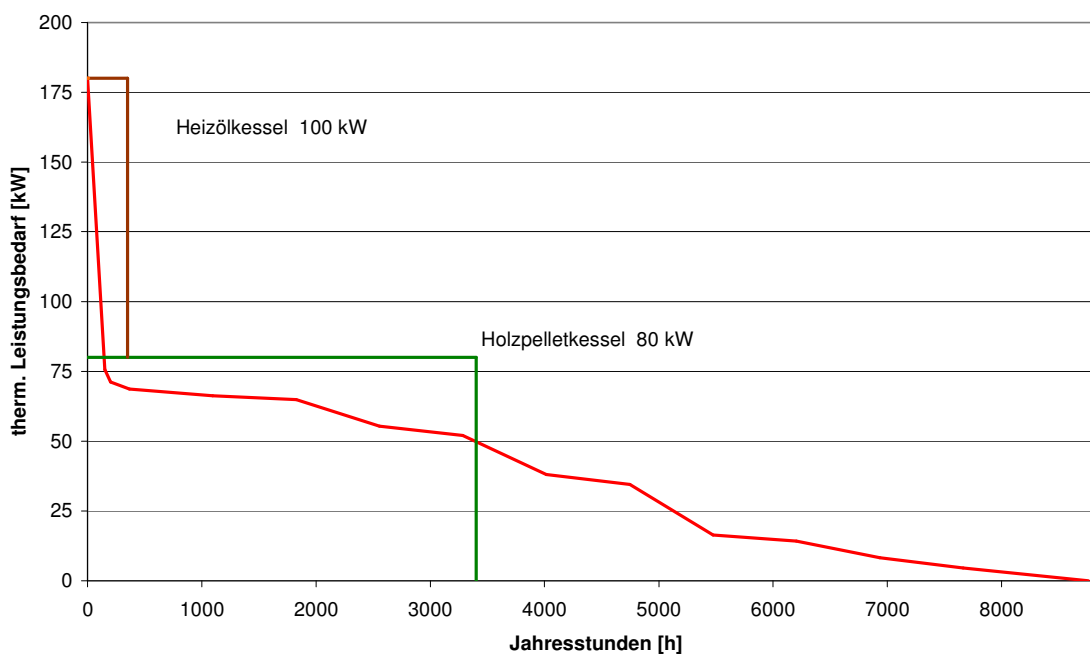


Abbildung 15: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3

Wärmeerzeuger		Pelletkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	80	100
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.400	350
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	272.000	35.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	89	11

5.2.4 Variante 1.4: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Pflanzenöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 35 kW und einer elektrischen Leistung von 20 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 140 kW zum Einsatz. Abbildung 16 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Pflanzenöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 34.000 Liter Pflanzenöl und rund 15.000 Liter Heizöl verbraucht.

Für den Betrieb des Pflanzenöl-BHKW-Moduls ist die Installation eines Pflanzenöltanks erforderlich.

Das Pflanzenöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 100.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

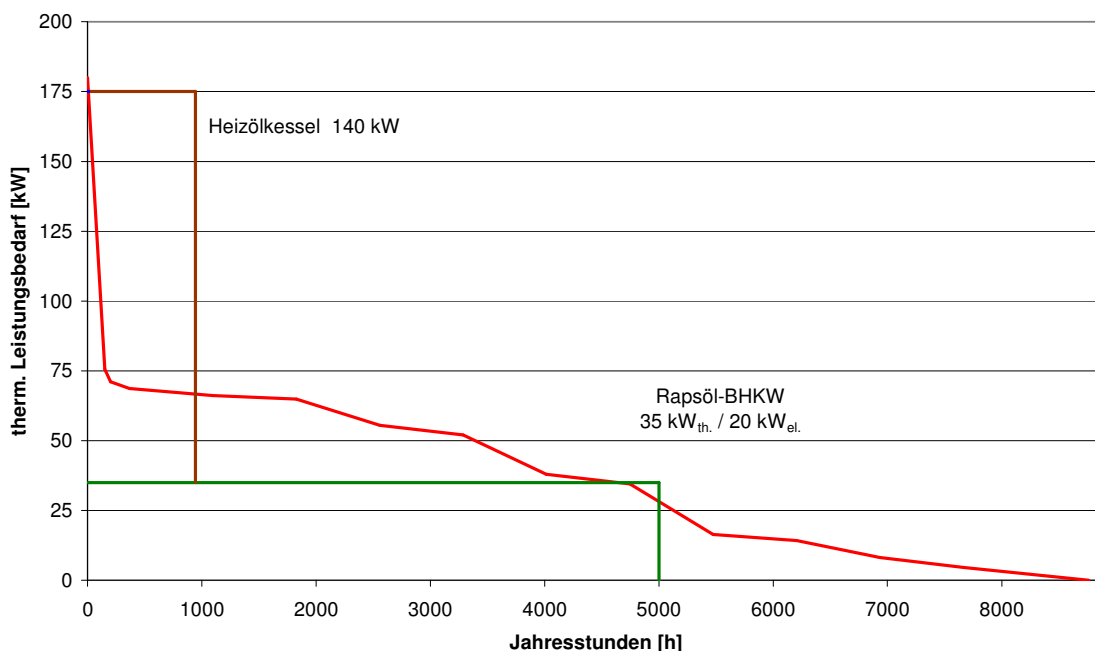


Abbildung 16: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl-BHKW	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	35	140
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	943
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	175.000	132.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	57	43

5.2.5 Variante 1.5: Heizöl-BHKW-Modul und Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.5 wird zur Grundlastabdeckung ein Heizöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 35 kW und einer elektrischen Leistung von 20 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 140 kW eingesetzt. Abbildung 17 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Heizöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 46.000 Liter Heizöl verbraucht.

Das Heizöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 100.000 kWh an elektrischer Energie, die überwiegend in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWK-Gesetz vergütet werden.

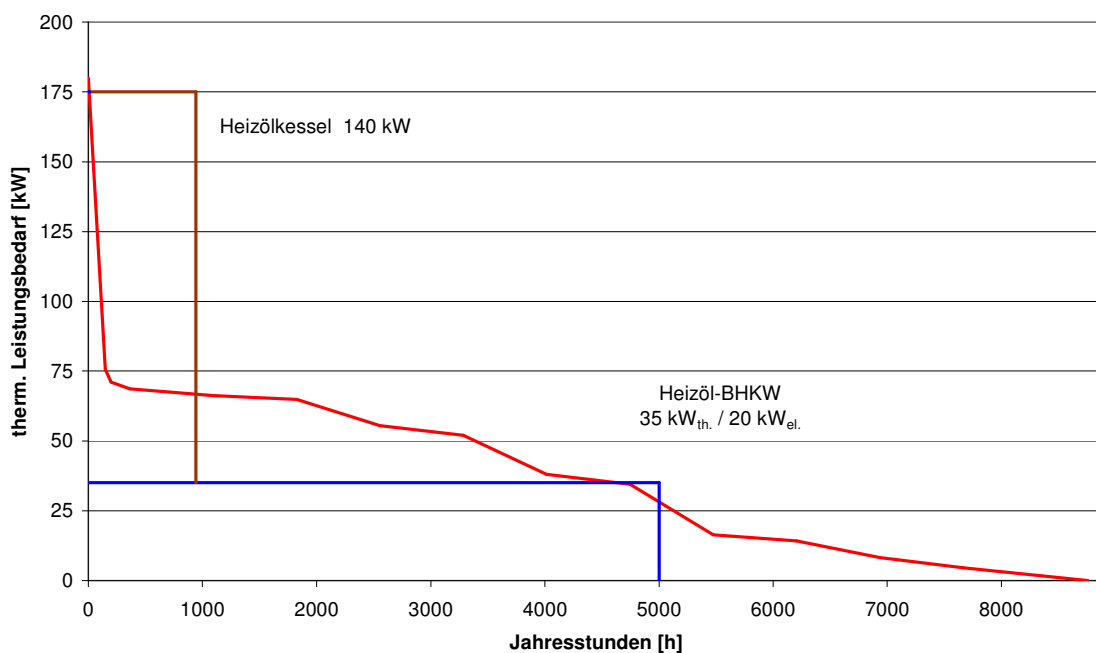
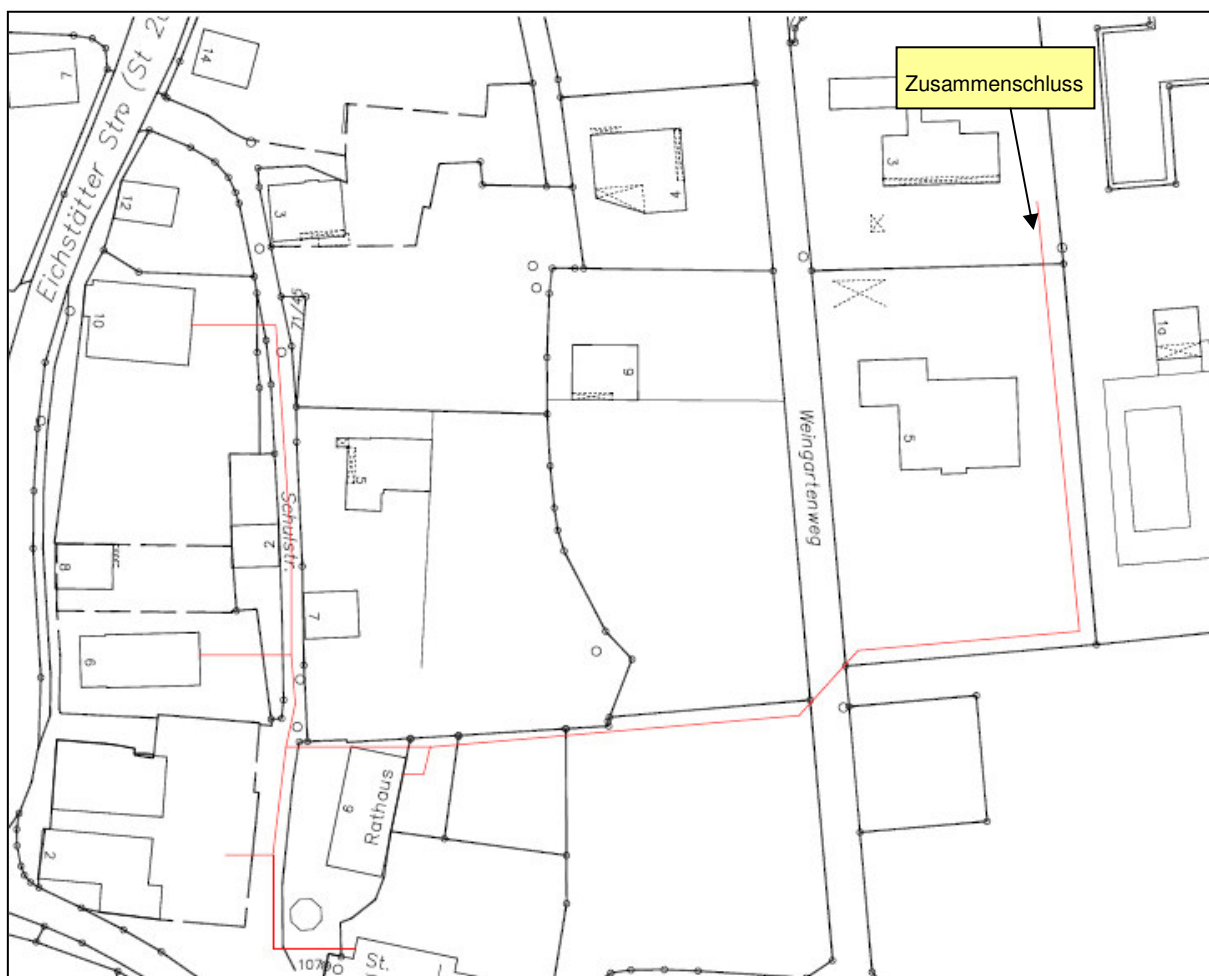


Abbildung 17: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.5

Wärmeerzeuger		Heizöl- BHKW	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	35	140
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	943
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	175.000	132.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	57	43

5.2.6 Variante 1.6: Versorgung durch die bestehende Hackgutheizung des Schulgeländes

Bei Variante 1.6 ist die Versorgung der betrachteten Liegenschaften von der bestehenden Hackgutheizung der Schule angedacht. In der folgenden Abbildung ist der mögliche Verlauf der Nahwärmeverbundlösung der Variante 1.6 dargestellt. Der Anschluss kann an die bestehende Nahwärmeleitung auf dem Schulgelände erfolgen.



In Tabelle 10 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße für die Variante 1.6 dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 430 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 450 Meter, die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf rund 620 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 60.000 kWh auf ca. 22 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 10: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße für die Variante 1.6

Netzlänge	450	[m]
Heizleistung	430	[kW]
abgesetzte Nahwärme	277.000	[kWh/a]
Verlustwärme	60.000	[kWh/a]
Verlust	22	[%]
Wärmebelegung	616	[kWh/m*a]
Leistungsbelegung	1,0	[kW/m]

Bei der Variante 1.6 wird zur Grundlastdeckung der bestehende Hackgutkessel in der Schule mit einer Nennwärmeleistung von 220 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 300 kW zum Einsatz. Abbildung 18 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird eine Erweiterung der Pufferspeicher vorgesehen, die dem höheren Wärmebedarf gerecht werden. Für den Biomassekessel ergeben sich im Ist-Zustand, bei der Versorgung der Schule, der Turnhalle, dem Kindergarten und dem Pfarrheim etwa 1.700 Vollbenutzungsstunden im Jahr (blau gestrichelte Linie). Für den in Variante 6 untersuchten Zusammenschluss ergibt sich, für den bestehenden Biomassekessel mit jährlich rund 3.000 Vollbenutzungsstunden, eine deutlich bessere Auslastung.

Jährlich werden dann rund 220 Tonnen Hackgut und rund 6.000 Liter Heizöl verbraucht.

Für einen 10-tägigen Volllastbetrieb des Hackgutkessels müssen ca. 80 m³ Hackgut vorgehalten werden, je nach Befüllungsintervall kann die Bunkerauslegung anders erfolgen.

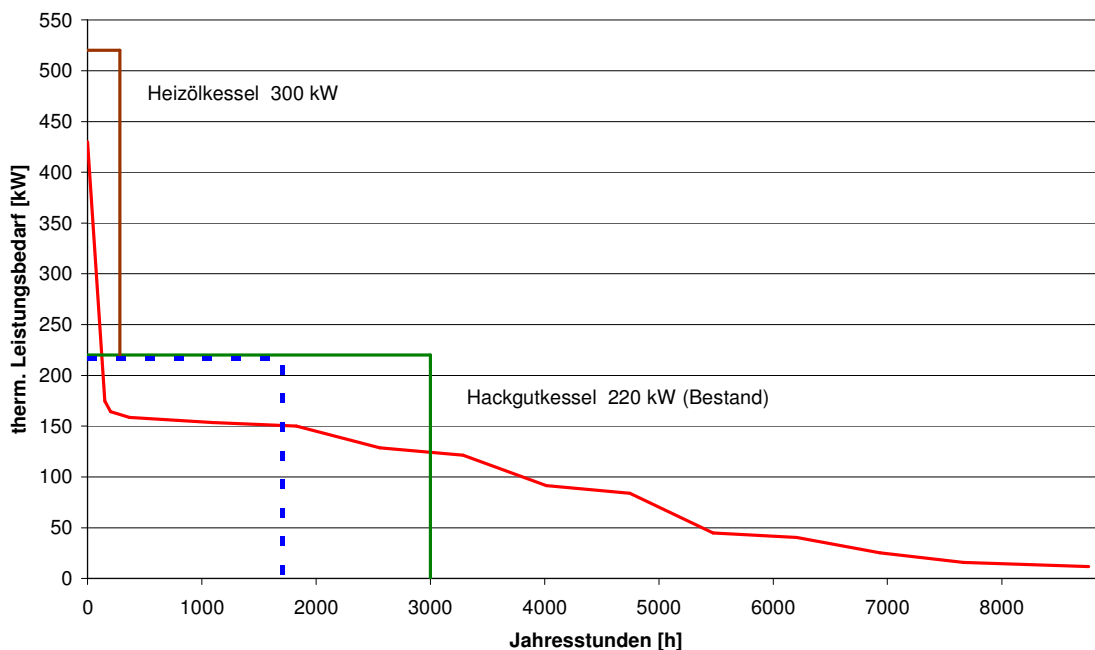


Abbildung 18: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.6 im Ist-Zustand (blau) und dem Sollzustand

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	220	300
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.000	283
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	660.000	85.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	89	11

5.3 Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

5.3.1 Die wirtschaftlichen Grundannahmen

Die hier aufgeführten wirtschaftlichen Grundannahmen gelten für alle in dieser Studie untersuchten Versorgungsvarianten. Basierend auf den entwickelten Energieversorgungsvarianten wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei werden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten ermittelt. Hierfür werden die durchschnittlichen Jahresgesamtkosten für den betrachteten Zeitraum berechnet und dargestellt. Die Jahresgesamtkosten geben an, wie viel Kosten unter Berücksichtigung von Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, verbrauchsgebundene Kosten, sonstige Kosten und evtl. Einnahmen durch den Stromverkauf jährlich anfallen.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende Grundannahmen:

- Das Bezugsjahr ist 2012
- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Bestehende Anlagen gelten als vollständig abgeschrieben
- Die Abschreibungen für Neuinvestitionen erfolgen linear über 20 Jahre
- Der kalkulatorische Zinssatz beträgt konstant 4,5 % über 20 Jahre
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Preisänderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsanalyse erfasst
- Die Stromeinspeisevergütungen bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Änderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsanalyse erfasst
- Strom aus Erneuerbaren Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz) vergütet
- Strom aus Heizöl-BHKW-Modulen wird nach dem KWK-Gesetz (Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz) vergütet, für das eingesetzte Heizöl kann die Energiesteuer rückerstattet werden

Folgende Kosten bzw. Erlöse werden berücksichtigt:

- Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten
- betriebsgebundene Kosten für die einzelnen Anlagenkomponenten (Wartung, Instandhaltung, technische Überwachung,...)
- verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoff und Hilfsenergie)
- sonstige Kosten (Versicherung)
- Erlöse aus der Stromeinspeisung

Die **Investitionskosten** sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen und können in der tatsächlichen Umsetzung nach oben oder unten abweichen. Spezielle Förderungen, z.B. von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Technologie- und Förderzentrum (TfZ) oder dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) wurden berücksichtigt.

Die Investitionskosten umfassen im Einzelnen:

- Wärmeerzeuger (BHKW, Biomassekessel, Ölkessel)
- Nahwärmeleitungen und Übergabestationen
- Pufferspeicher
- Brennstofflager
- Heizzentralengebäude inkl. Umbaumaßnahmen
- technische Installationskosten
- Projektabwicklung
- Sicherheitszuschlag

Die **betriebsgebundenen Kosten** beinhalten in erster Linie Kosten für die Wartung und Instandhaltung der einzelnen Komponenten und werden in Anlehnung an die VDI 2067 als prozentualer Anteil an den Investitionskosten ermittelt. Kosten für Kaminkehrer und technische Überwachung(z.B. Abgasmessungen) werden pauschal angesetzt.

Die **verbrauchsgebundenen Kosten** setzen sich aus Brennstoffkosten und Kosten für Hilfsenergie zusammen.

Für die Brennstoffe selbst werden folgende Netto-Preise angenommen:

- Heizöl 72 Cent/l
- Pellets 220 Euro/t
- Hackgut 93 Euro/t
- Pflanzenöl 95 Cent/l

Die **sonstigen Kosten** umfassen Kosten für Verwaltung und Versicherung. Die Versicherungskosten werden mit einem Prozent der Investitionskosten für die Anlagentechnik angesetzt.

Erlöse ergeben sich bei **Heizöl-BHKW-Modulen** aus der Stromeinspeisung, aus vermiedenen Stromkosten durch Stromeigennutzung und der Steuerrückerstattung. Bei der Verwendung von Heizöl in BHKW-Anlagen erhält man eine Steuerrückerstattung in Höhe von 6,135 Cent/l, bezogen auf die Feuerungswärmeleistung. Die Einspeisevergütung wird durch das KWK Gesetz geregelt, welches novelliert wurde und zum 01.01.2009 in Kraft getreten ist.

Die wichtigsten Punkte bezüglich der Einspeisevergütung sind:

KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 50 kW erhalten für die erzeugten KWK-Strom einen Zuschlag von 5,11 Cent/kWh – und zwar zehn Jahre ab Aufnahmen des Dauerbetriebes.

KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 2 MW erhalten einen Zuschlag von 2,1 Cent/kWh für 6 Betriebsjahre, maximal aber für 30.000 Volllastbetriebsstunden. Der KWK-Zuschlag ist auch für den KWK-Strom zu zahlen, den der Betreiber der KWK-Anlage selbst verbraucht. BHKW-Anlagen einer höheren Leistungsstufe erhalten ähnlich wie beim EEG die höheren Vergütungssätze der unteren Leistungsstufe anteilig vergütet.

Darüber hinaus erhält der Anlagenbetreiber für den eingespeisten Strom eine zusätzliche Vergütung vom Netzstrombetreiber. Diese ist abhängig vom Strompreis an der Strombörse und wird auf das vorangegangene Quartal bezogen.

Der übliche Preis gilt aber nur als Richtpreis, der bezahlt werden muss, wenn sich der Stromanbieter und der KWK-Anlagenbetreiber nicht einigen können.

Somit berechnen sich die Einnahmen aus der Stromerzeugung mit einem Heizöl-BHKW wie folgt:

Steuerrückerstattung

- Heizöl: 6,135 Cent/l

Stromeigennutzung

- vermiedene Stromkosten bei derzeitigem Mischpreis von ca. 18 Cent/kWh
- KWK-Zuschlag: - 5,11 Cent/kWh für BHKW < 50 kW_{el}
(für 10 Jahre)
- 2,1 Cent/kWh für BHKW > 50 kW_{el} < 2MW_{el}
(für 6 Jahre bzw. 30.000 Betriebsstunden)

Stromeinspeisung

- üblicher Preis gemäß EEX: derzeit ca. 5,2 Cent/kWh
- KWK-Zuschlag: - 5,11 Cent/kWh für BHKW < 50 kW_{el}
(für 10 Jahre)
- 2,1 Cent/kWh für BHKW > 50 kW_{el} < 2MW_{el}
(für 6 Jahre bzw. 30.000 Betriebsstunden)

Der Betrachtungszeitraum in dieser Studie beträgt 20 Jahre. Die Dauer für den KWK-Zuschlag beträgt für Anlagen < 50 kW_{el} 10 Jahre. Dies wird in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt, wodurch sich ein Mischpreis der Einspeisevergütung für den Zeitraum von 20 Jahren.

Diese Einnahmen sind nicht über den Betrachtungszeitraum festgeschrieben. Deshalb wird der Einfluss von Änderungen der Einnahmen durch die Stromproduktion bei den Varianten mit Heizöl-BHKW-Modulen auf die Wärmegestiegungskosten in der Sensitivitätsanalyse genauer betrachtet

Erlöse ergeben sich aus **Pflanzenöl-BHKW-Modulen und Holzgas-BHKW-Modulen** derzeit aus der Stromeinspeisung gemäß EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) über einen Zeitraum von 20 Jahren.

Die Vergütung nach EEG setzt sich, bei einer Inbetriebnahme im Jahr 2012 nach aktueller Gesetzeslage, folgendermaßen zusammen:

		Pflanzenöl-BHKW	Holzgas-BHKW
Grundvergütung	< 150 kW elektrisch 11,32 Cent/kWh	X	X
NawaRo- Bonus*	< 150 kW elektrisch 5,82 Cent/kWh	X	X
KWK- Bonus	2,91 Cent/kWh	X	X
Technologie- Bonus	1,94 Cent/kWh		X
	Summe	20,05	21,99

* Der für die Wirtschaftlichkeit von Pflanzenöl-BHKW-Modulen notwendige NawaRo-Bonus wird nur bis zu einer installierten Leistung von 150kW gewährt.

Des Weiteren muss das eingesetzte Pflanzenöl der Nachhaltigkeitsverordnung entsprechen. Unter anderem muss das Treibhausgasminderungspotential von mindestens 35 Prozent gegenüber fossiler Brennstoffe gegeben sein. Die „**Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung**“ ist im August 2009 in Kraft getreten und muss bei flüssiger Biomasse, die ab dem 01.Januar 2011 zur Stromerzeugung eingesetzt wird, eingehalten werden.

5.3.2 Förderungen

In diesem Kapitel wird auf derzeit aktuelle Förderungen eingegangen. Es wird keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der genannten Fördermittel gegeben. Zudem besteht kein Rechtsanspruch auf Förderungen.

Bei der Planung/Umsetzung einer Maßnahme sollte nochmals gezielt nach Fördermitteln recherchiert werden, da Förderungen oftmals zeitlich begrenzt, finanziell gedeckelt, bzw. an diverse Anforderungen geknüpft sind. Im Folgenden werden Fördermöglichkeiten aufgelistet, welche für die einzelnen Varianten in Frage kommen. Die Auflistung erfolgt nur stichpunktartig ohne Erwähnung aller Anforderungen.

KfW-Programme Erneuerbare Energien und Wärmenetze:

Biomassekessel über 100 kW (Holzpellets, Hackschnitzel)

- 20 Euro pro kW als Basisförderung
- zusätzlich 10 Euro pro kW für neu errichtete Pufferspeicher mit einem Volumen von mindestens 30 l/kW

Nahwärmenetz

- 60 Euro/m Trasse für den Einsatz fester Biomasse
- 20 Euro/m Trasse für den Einsatz von Pflanzenöl
(in Kombination mit BAFA-Förderung)
- 1.800 Euro/Übergabestation (nicht bei Neubaugebieten)

Grundsätzliche Anforderungen

- Wärmebelegung größer 500 kWh/m*a
- Brennstoffe mindestens aus 50 % erneuerbare Energien

Investitionsförderung durch das BAFA

Nahwärmenetz

Die Förderung von Nahwärmenetzen wird gewährt, wenn mindestens 60 % des Wärmebedarfs durch eine hocheffiziente KWK-Anlage gedeckt wird.

Der Zuschuss beträgt ein Euro je Millimeter Nenndurchmesser und Trassenmeter, wobei maximal 20 % der ansatzfähigen Investitionskosten des Nahwärmenetzes bezuschusst werden.

Investitionsförderung durch das Technologie- und Förderzentrum

Förderprogramm: Bioklima; Förderung von Biomasseheizwerken in Bayern

Die Förderung zur Errichtung von automatisch beschickten Biomasseheizanlagen wird unter anderem gewährt, wenn eine Wärmebelegung im Nahwärmeverbund von mindestens 1.500 kWh/m²a erreicht wird. Desweiteren muss der Biomassekessel mindestens 2.500 Vollbenutzungsstunden erreichen und es dürfen nur Biobrennstoffe nach der vorgegebenen Positivliste verwendet werden.

Förderung:

- Die höchstmögliche Förderung beträgt 20 Euro pro Jahrestonne kalkulatorisch eingespartes CO₂. Die Förderung wird auf eine Laufzeit von 7 Jahren berechnet.
- Fördergrenze sind 200.000 Euro je Projekt.
- Es dürfen andere staatliche Mittel für denselben Zweck in Anspruch genommen werden, sofern der Subventionswert aller ausgereichten staatlichen Mittel 30 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt.

5.3.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 19 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die niedrigsten Investitionskosten weist die Referenzvariante 1.1 mit dezentralen Heizölkesseln auf.

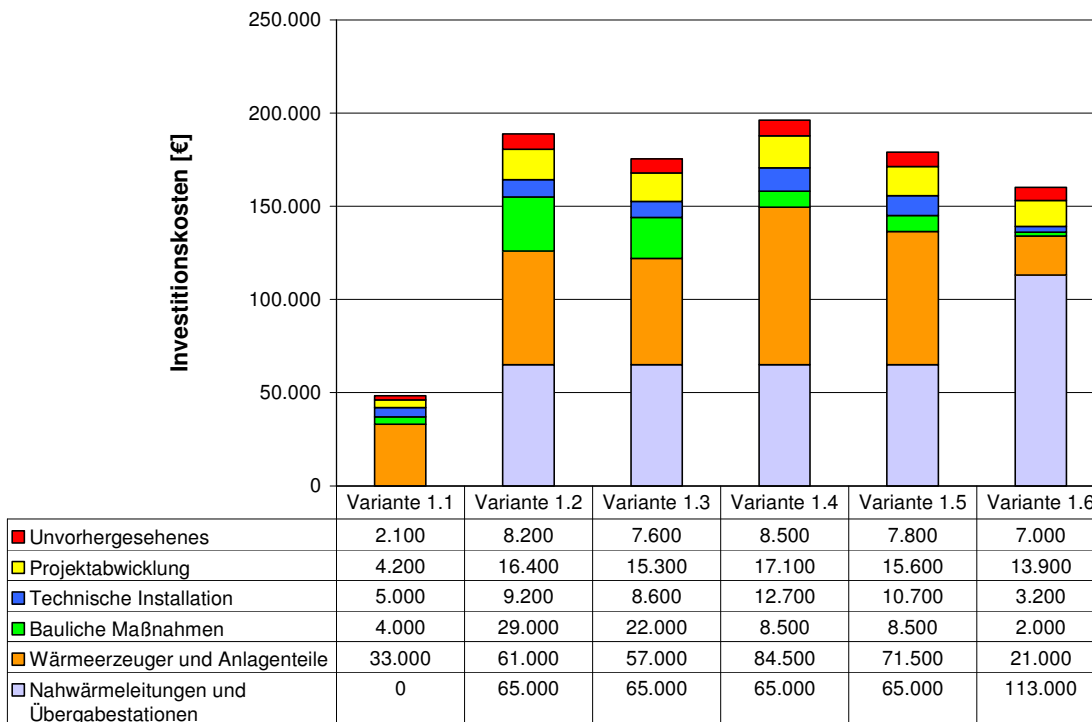


Abbildung 19: Die prognostizierten Investitionskosten

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel	Holzpelletkessel	Rapsöl-BHKW	Heizöl-BHKW	Hackgut-Bestand
	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier Kalkulierten abweichen. Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Varianten Sensitivitätsanalysen erarbeitet, welche den Einfluss einzelner Parameter auf die spezifischen Wärmegestehungskosten darstellen.

5.3.4 Die jährlichen Ausgaben

Aus den Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode die jährlichen Kapitalkosten gebildet, die sich zusammen mit den betriebsgebundenen Kosten, den verbrauchsgebundenen Kosten und den sonstigen Kosten, die nach den wirtschaftlichen Grundannahmen in Kapitel 5.3.1 berechnet werden, zu den Jahresgesamtkosten addieren. Die Aufteilung der jährlichen Ausgaben auf die einzelnen Kostenarten ist in Abbildung 20 grafisch dargestellt.

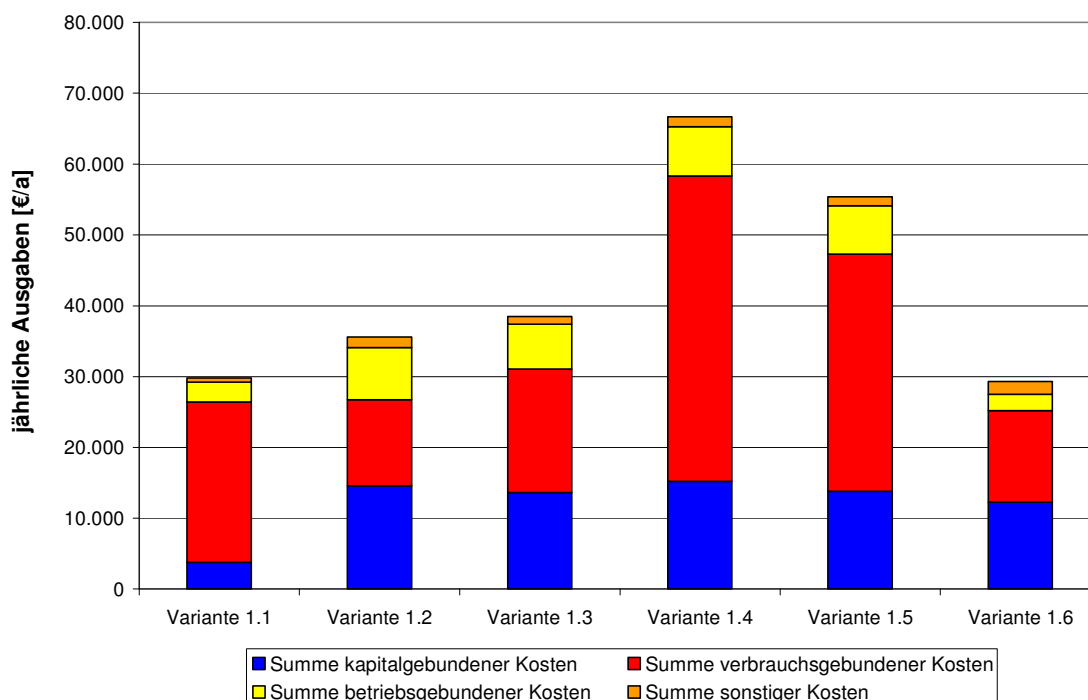


Abbildung 20: Die jährlichen Ausgaben der Varianten

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel	Holzpelletkessel	Rapsöl-BHKW	Heizöl-BHKW	Hackgut-Bestand
	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel

5.3.5 Die jährlichen Einnahmen

In Abbildung 21 sind die jährlichen Einnahmen der Varianten dargestellt, welche sich durch die Stromproduktion mit dem Einsatz von KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ergeben. Bei der Variante 1.4 mit Pflanzenöl-BHKW ergeben sich die Einnahmen durch die Stromeinspeisung nach dem EEG, bei Variante 1.5 durch die Netzeinspeisung nach dem KWK-Gesetz.

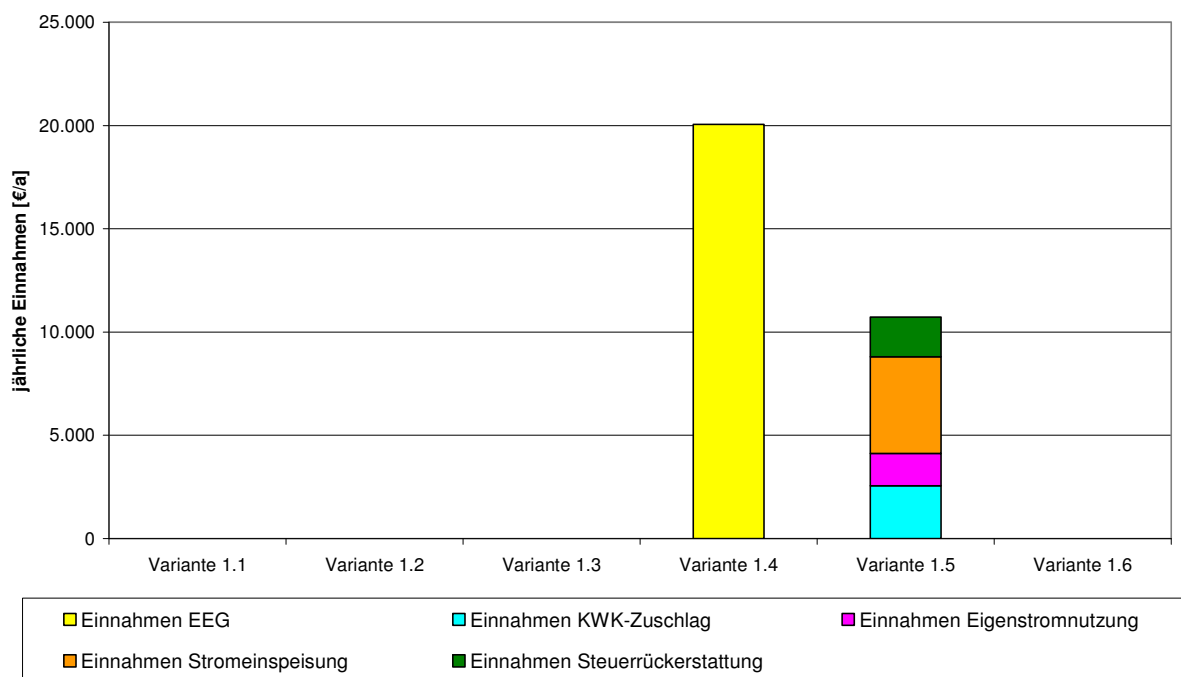


Abbildung 21: Die jährlichen Einnahmen der Varianten

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletkessel Heizölkessel	Rapsöl-BHKW Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Hackgut-Bestand Heizölkessel

5.3.6 Die Wärmegestehungskosten

Abbildung 22 gibt die kalkulierten Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten der einzelnen Varianten wieder. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen und sonstigen Kosten, abzüglich der Stromeinnahmen. Aus den Jahresgesamtkosten werden die spezifischen Wärmegestehungskosten ermittelt, die die Kosten pro Kilowattstunde bereitgestellter Nutzwärme beziffern. Die spezifischen Wärmegestehungskosten dienen als wichtigste Kenngröße zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Wärmegestehungsanlagen. So müssen sich alternative Konzepte zur Wärmebereitstellung stets an den spezifischen Wärmegestehungskosten einer konventionellen Standardvariante messen.

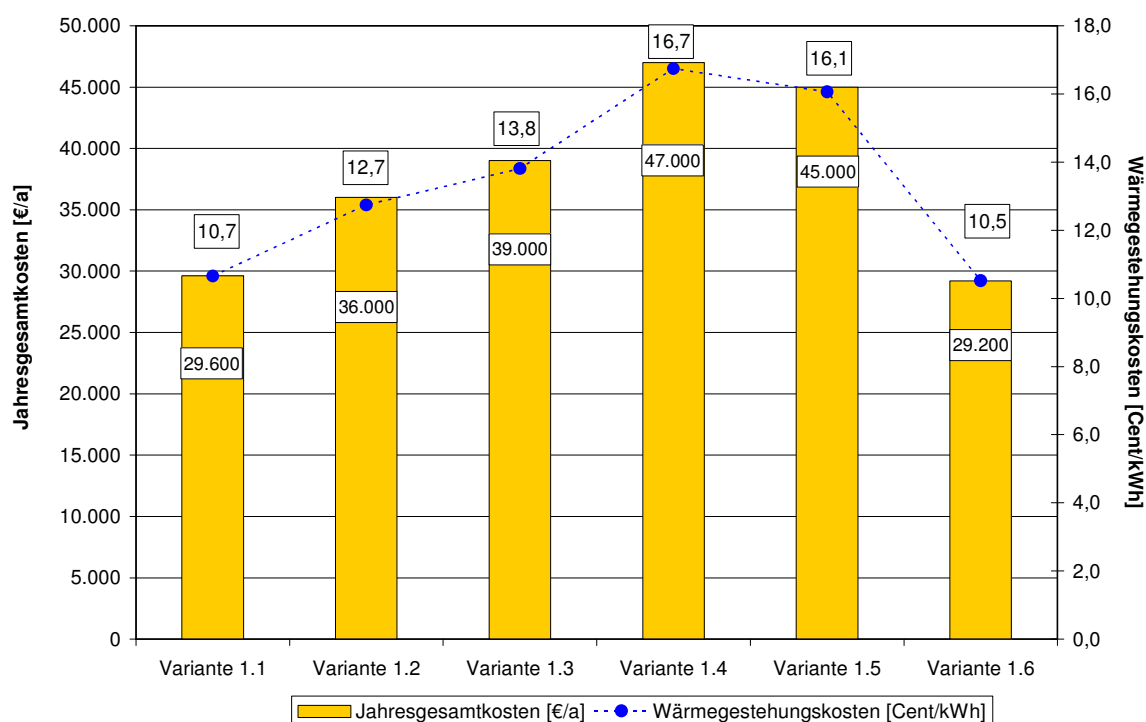


Abbildung 22: Die Jahresgesamtkosten und spez. Wärmegestehungskosten der Varianten

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletkessel Heizölkessel	Rapsöl-BHKW Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Hackgut-Bestand Heizölkessel

Die Referenzvariante 1.1 mit dezentralen Heizölkesseln weist Wärmegestehungskosten von 10,7 Cent/kWh auf. Die höchsten Wärmegestehungskosten 16,7 Cent/kWh ergeben sich bei Variante 1.4 mit Pflanzenöl-BHKW. Die niedrigsten Wärmegestehungskosten i. H. v. 10,5 Cent/kWh ergeben sich bei der Variante 1.6 im Zusammenschluss mit der bestehenden Hackgutheizung der Schule.

5.3.7 Die Sensitivitätsanalyse

Zur Berücksichtigung von Änderungen der Kapitalkosten sowie Preisänderungen bei den Brennstoffen wird für die einzelnen Varianten eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die den Einfluss des jeweiligen Parameters auf die Wärmegestehungskosten simuliert.

Die verschiedenen Sensitivitätsanalysen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. In den Sensitivitätsanalysen der neuen Energieversorgungsvarianten ist jeweils die Sensitivität der Referenzvariante auf steigende Brennstoffpreise mit dargestellt.

Variante 1.1: dezentrale Heizölkessel Referenz

Steigen die Brennstoffkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegestehungskosten von 10,7 Cent/kWh auf 14,7 Cent/kWh. Steigen die Kapitalkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegestehungskosten auf 11,3 Cent/kWh.

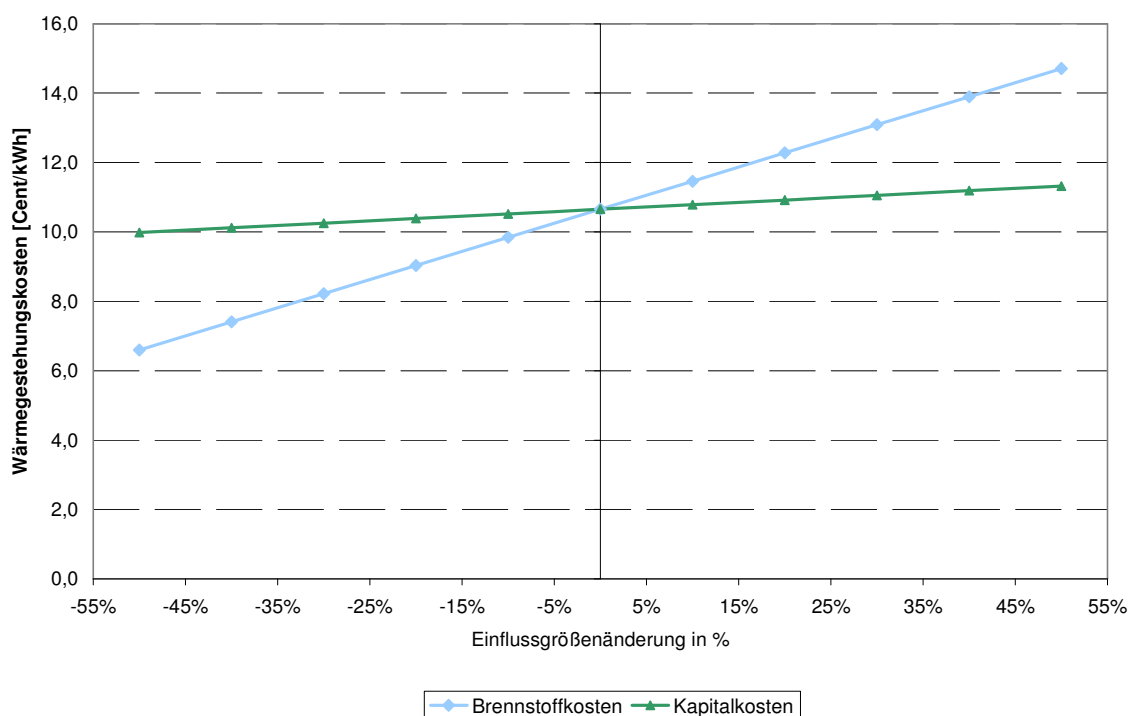


Abbildung 23: Die Sensitivitätsanalyse der Referenzvariante 1.1

Variante 1.2: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

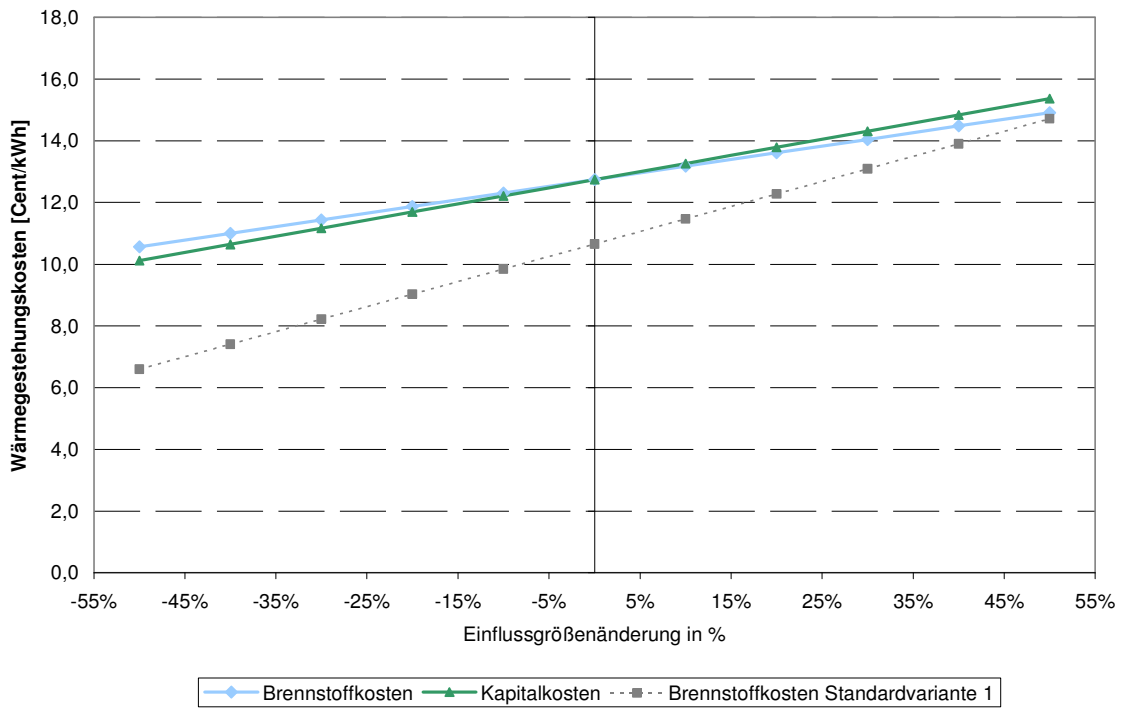


Abbildung 24: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.2

Variante 1.3: Holzpelletkessel mit Spitzenlastkessel

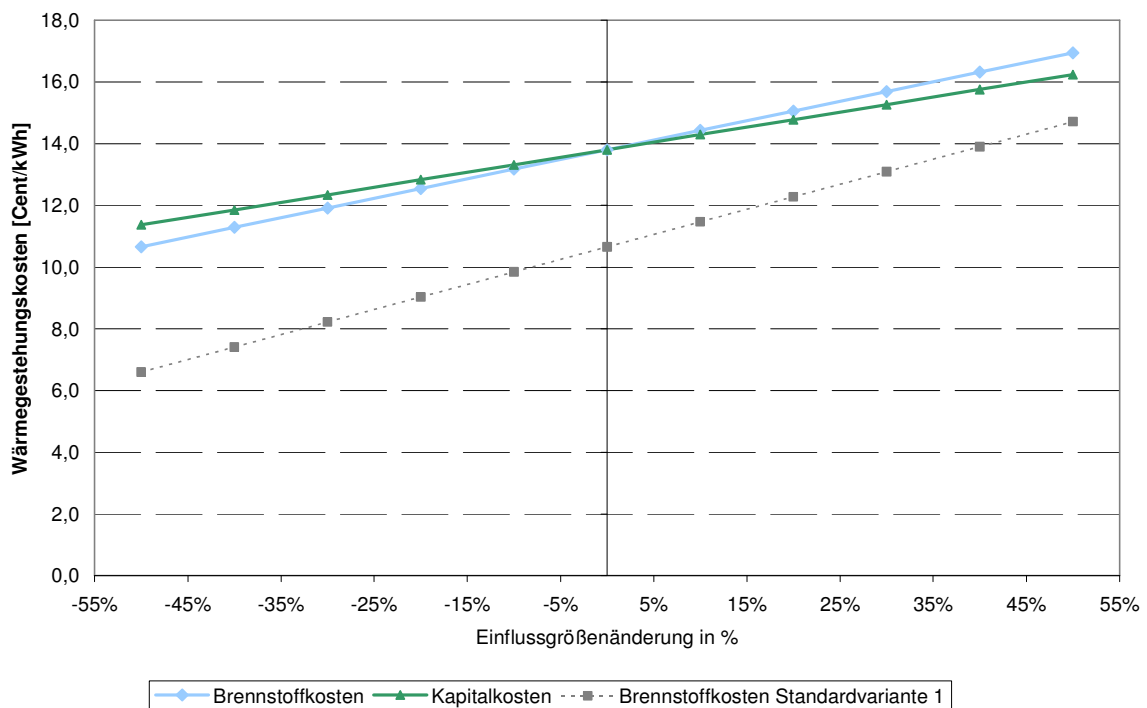


Abbildung 25: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.3

Variante 1.4: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

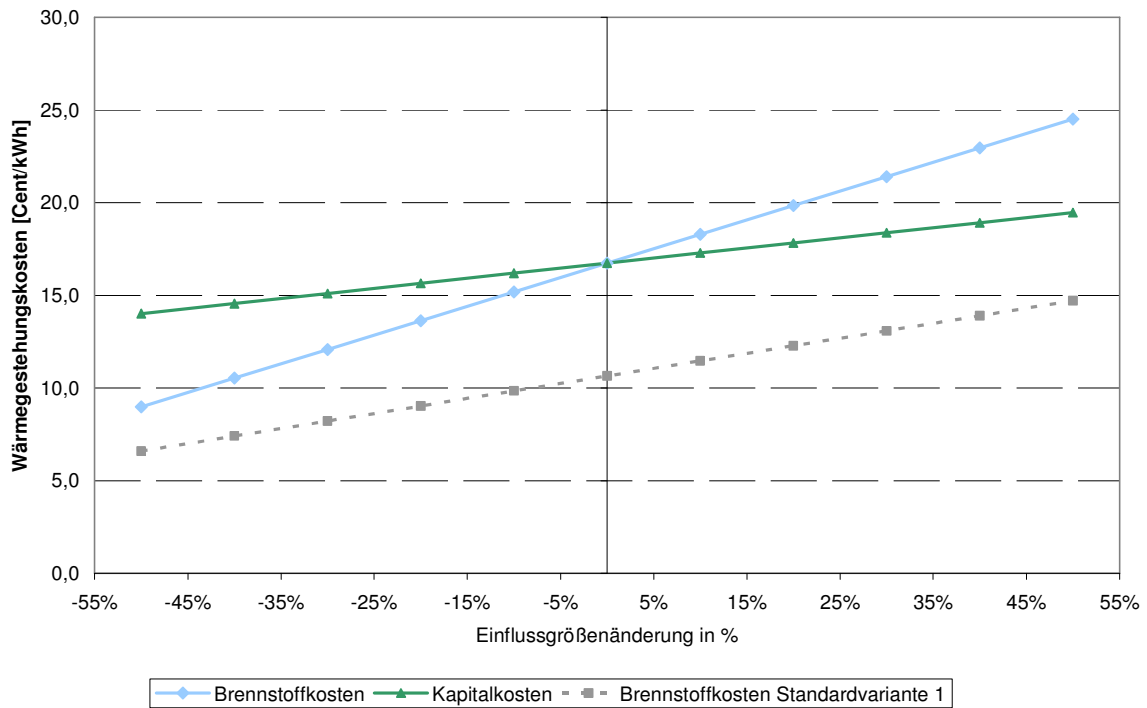


Abbildung 26: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.4

Variante 1.5: Heizöl-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

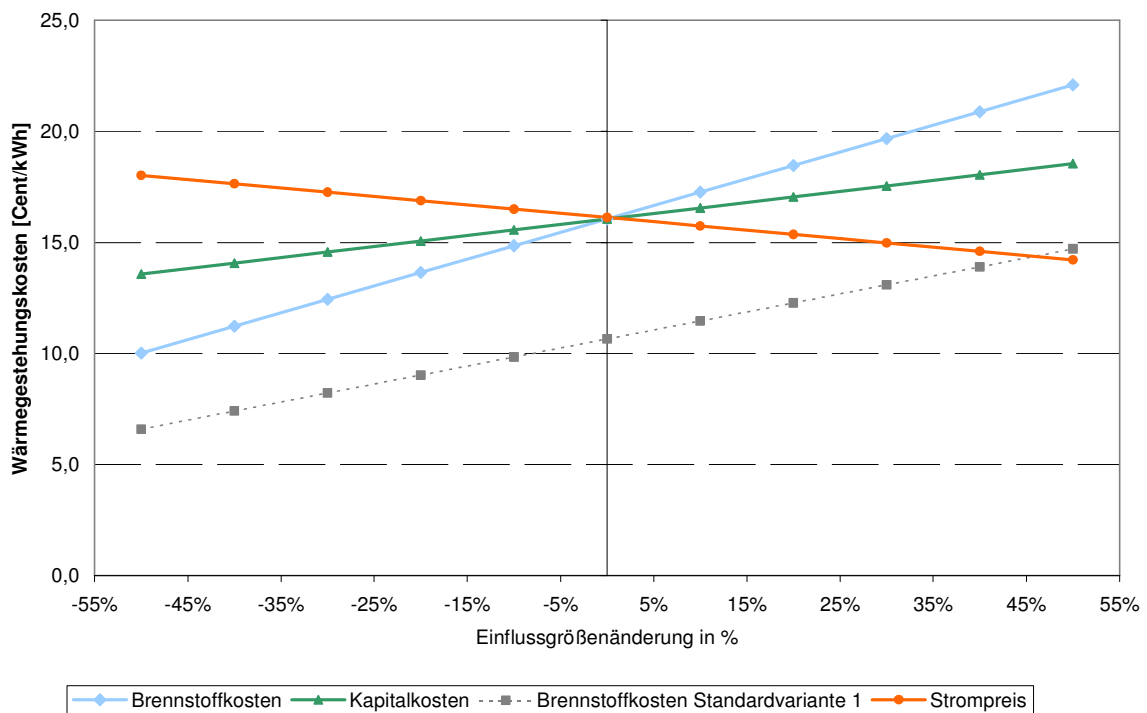


Abbildung 27: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.5

Variante 1.6: Hackgutkessel Bestand mit Spitzenlastkessel

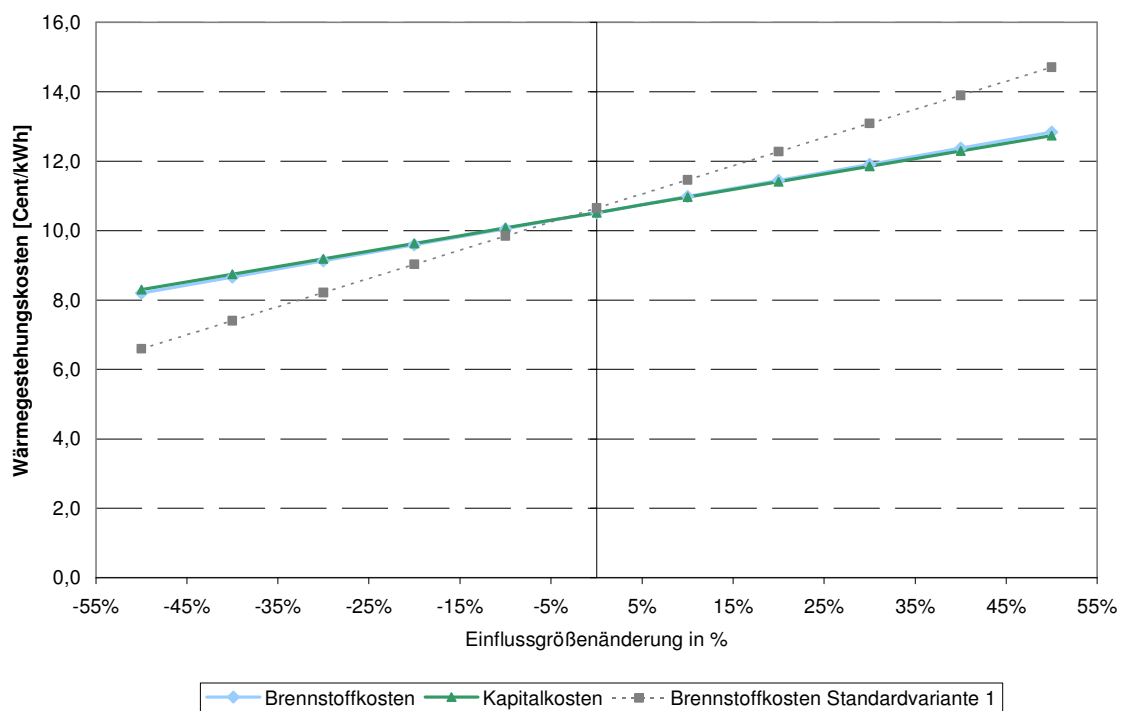


Abbildung 28: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.6

5.4 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO₂-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 29 dargestellt.

	Heizöl	Pflanzenöl	Hackschnitzel	Pellets	Strom
CO ₂ - Äquivalent [g/kWh _{End}]	302	129	35	45	633

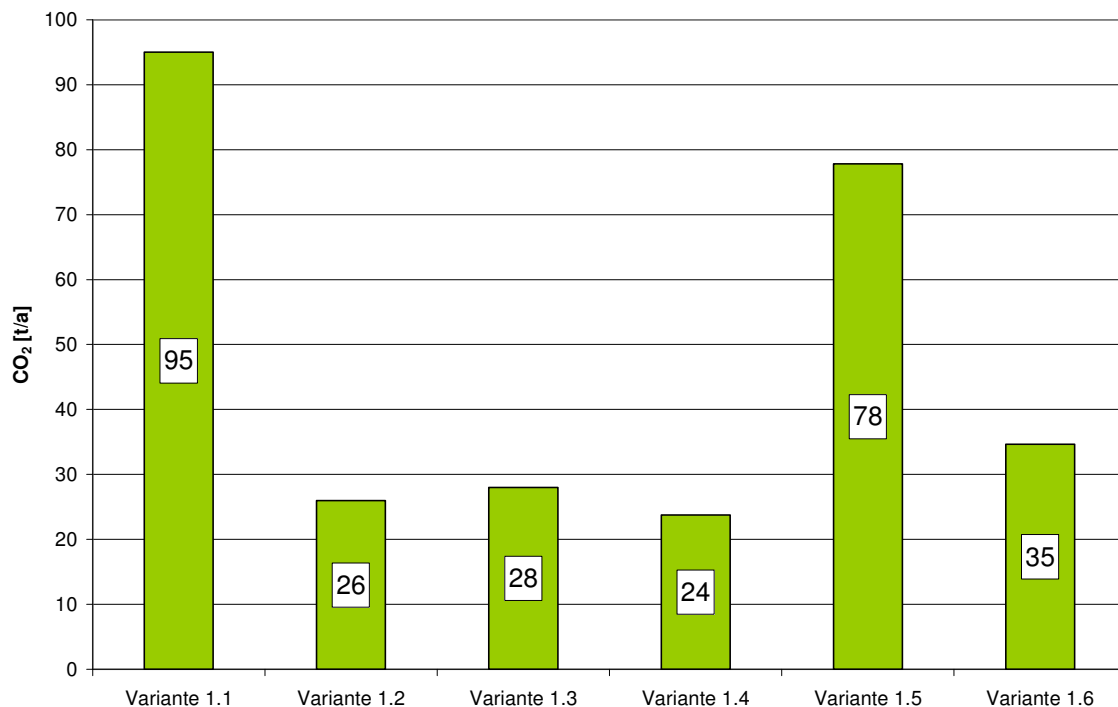


Abbildung 29: Die CO₂-Bilanz der verschiedenen Varianten

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletkessel Heizölkessel	Pflanzöl-BHKW Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Hackgut-Bestand Heizölkessel

Die höchsten CO₂-Emissionen entstehen bei der Referenzvariante 1.1 und bei Variante 1.5, da hierbei nur der fossile Energieträger Heizöl zum Einsatz kommt. Niedrigere CO₂-Emissionen entstehen bei Variante 1.2, 1.3, 1.4 und 1.6, da hier regenerative Brennstoffe (Pellets, Hackgut und Pflanzenöl) eingesetzt werden.

5.5 Förderungen

Für die Förderungen gelten die in Kapitel 5.3.2 getroffenen Erläuterungen. In der Tabelle 11 sind die möglichen Förderungen der Nahwärmeverbundlösung Schule aufgeführt. Zudem wird der Einfluss der Investitionszuschüsse auf die jeweiligen Wärmegestehungskosten der verschiedenen Energieversorgungsvarianten dargestellt.

Tabelle 11: Übersicht der möglichen Förderungen im Nahwärmeverbundnetz Schule

		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
Technische Anlagen							
Bioklima TFZ	[€]						
Bafa - Biomasseanlagen	[€]		1.000	2.880			
Netzneubau							
KfW - Netz	[€]		12.334	12.334	12.334		25.534
KfW - HÜS	[€]		9.000	9.000	9.000		9.000
Summe	[€]	0	22.334	24.214	21.334	0	34.534

In Tabelle 12 ist der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten dargestellt.

Tabelle 12: Der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten

Nahwärmeverbundlösung "Schulstraße"		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
Investitionskosten (Netto)	[Euro]	49.000	190.000	176.000	197.000	180.000	160.000
Jahresgesamtkosten	[Euro/a]	29.600	36.000	39.000	47.000	45.000	29.200
Wärmegestehungskosten ohne Förderung	[Cent/kWh]	10,7	12,7	13,8	16,7	16,1	10,5
Wärmegestehungskosten mit Förderung	[Cent/kWh]	10,7	12,1	13,1	16,1	16,1	9,6
CO₂- Bilanz	[t/a]	95	26	28	24	78	35

Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
dezentrale Heizkessel	Hackgutkessel	Holzpelletkessel	Rapsöl-BHKW	Heizöl-BHKW	Hackgut-Bestand
	Heizkessel	Heizkessel	Heizkessel	Heizkessel	Heizkessel

In Tabelle 13 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße der Variante 2.2 – 2.5 dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt rund 1.500 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 2.100 Meter, die spezifische Wärmebelegung beträgt rund 1.140 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 350.000 kWh auf ca. 15 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 13: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße (Variante 2 - 5)

Netzlänge	2.100	[m]
Heizleistung	1.500	[kW]
abgesetzte Nahwärme	2.400.000	[kWh/a]
Verlustwärme	350.000	[kWh/a]
Verlust	15	[%]
Wärmebelegung	1.143	[kWh/m*a]
Leistungsbelegung	0,7	[kW/m]

6.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Nutzwärmebedarf von rund 2.400.000 kWh und einem Netzverlust von 350.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 2.750.000 kWh.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 31 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße dargestellt.

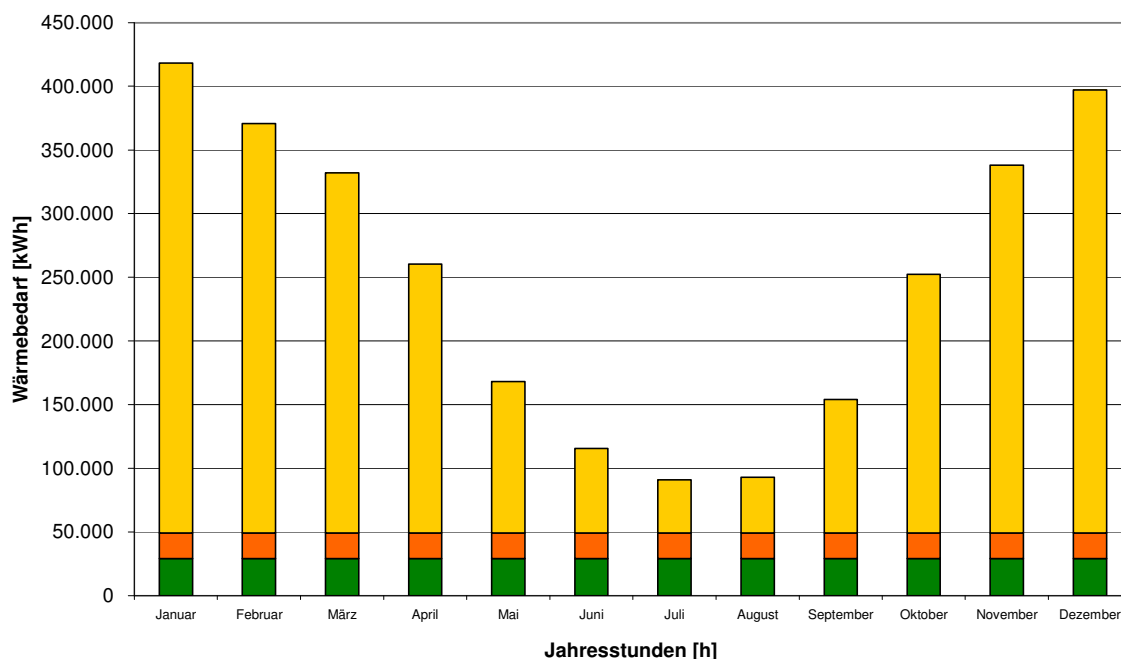


Abbildung 31: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagenysteme, der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastrechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 32 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße dargestellt.

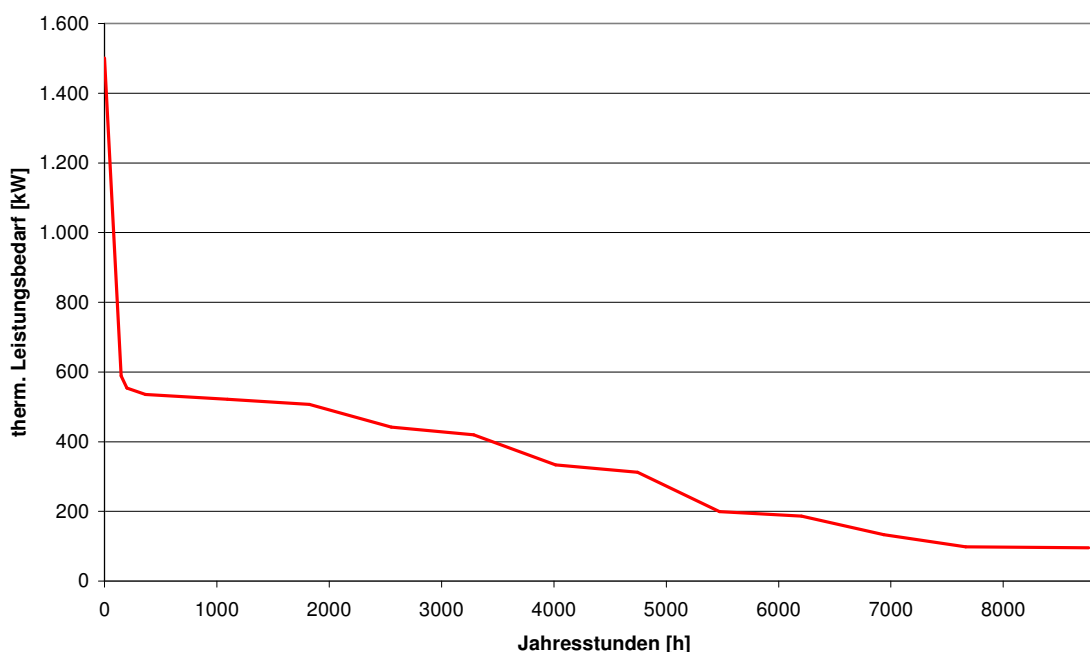


Abbildung 32: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße

6.2 Die Versorgungsvarianten

6.2.1 Variante 2.1: dezentrale Heizölkessel (Referenz)

Bei der Referenzvariante 2.1 wird die dezentrale Wärmezeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet. Jährlich werden rund 265.000 Liter Heizöl verbraucht.

Bei den Investitionskosten wird von einer Erneuerung der Heizölkessel ausgegangen.

6.2.2 Variante 2.2: Hackgutkessel mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.2 wird zur Grundlastdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 600 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.000 kW zum Einsatz. Abbildung 33 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 3.900 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 790 Tonnen Hackgut und rund 45.000 Liter Heizöl verbraucht.

Für einen 10-tägigen Volllastbetrieb des Hackgutkessels müssen ca. 220 m³ Hackgut vorgehalten werden, je nach Befüllungsintervall kann die Bunkerauslegung anders erfolgen.

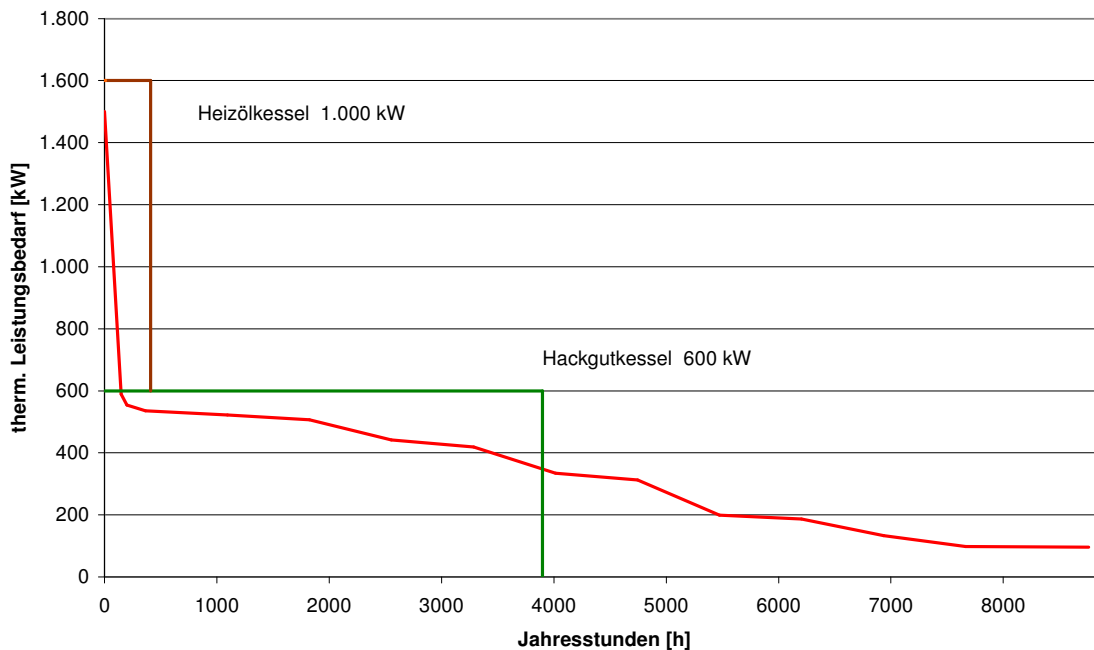


Abbildung 33: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.2

Wärmeerzeuger		Holzpelletvergaser	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	230	1.500
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	913
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.380.000	1.370.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	50	50

6.2.3 Variante 2.3: Holzpelletvergaser mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Holzpelletvergaser mit einer elektrischen Leistung von 180 kW und einer thermischen Leistung von 230 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.500 kW zum Einsatz. Abbildung 34 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Holzpelletvergaser ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 660 Tonnen an Holzpellets, 18.600 Pflanzöl und 148.000 Liter Heizöl verbraucht.

Der Holzpelletvergaser erzeugt jährlich rund 1.080.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

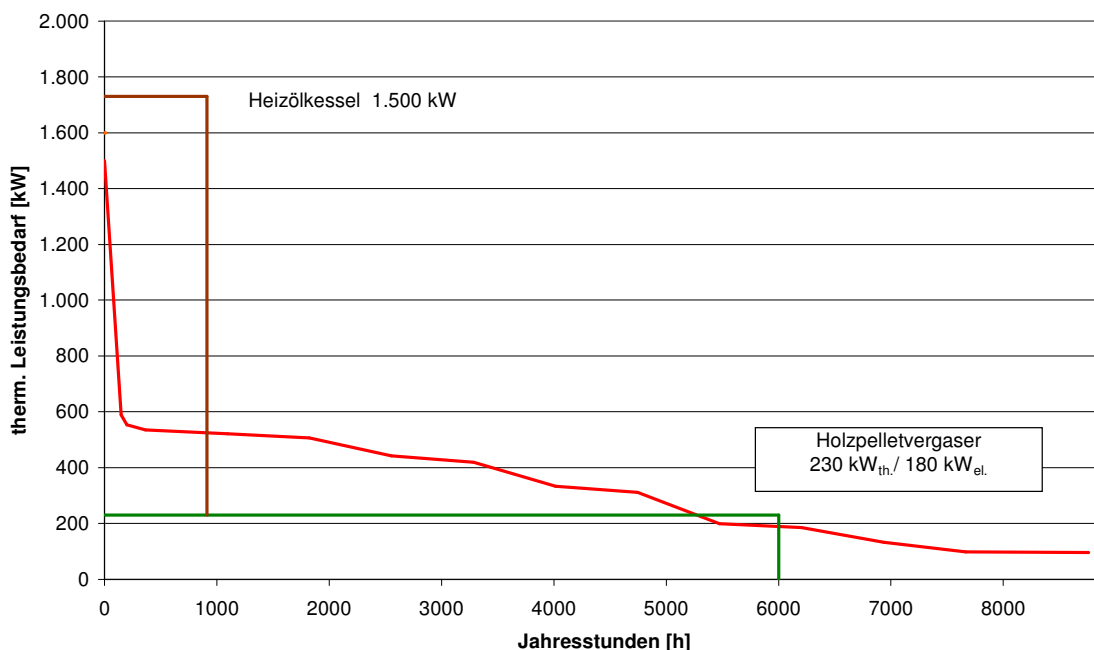


Abbildung 34: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.3

Wärmeerzeuger		Holzpelletvergaser	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	230	1.500
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	913
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.380.000	1.370.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	50	50

6.2.4 Variante 2.4: Holzpelletvergaser mit Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Holzpelletvergaser mit einer elektrischen Leistung von 180 kW und einer thermischen Leistung von 230 kW eingesetzt. Die Mittellast wird von einem Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 350 kW erzeugt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.500 kW zum Einsatz. Abbildung 35 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Holzpelletvergaser ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr, der Hackgutkessel erreicht jährlich rund 3.100 Vollbenutzungsstunden. Jährlich werden rund 660 Tonnen an Holzpellets, 18.600 Pflanzenöl, 330 Tonnen Hackgut und 31.500 Liter Heizöl verbraucht.

Der Holzpelletvergaser erzeugt jährlich rund 1.080.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

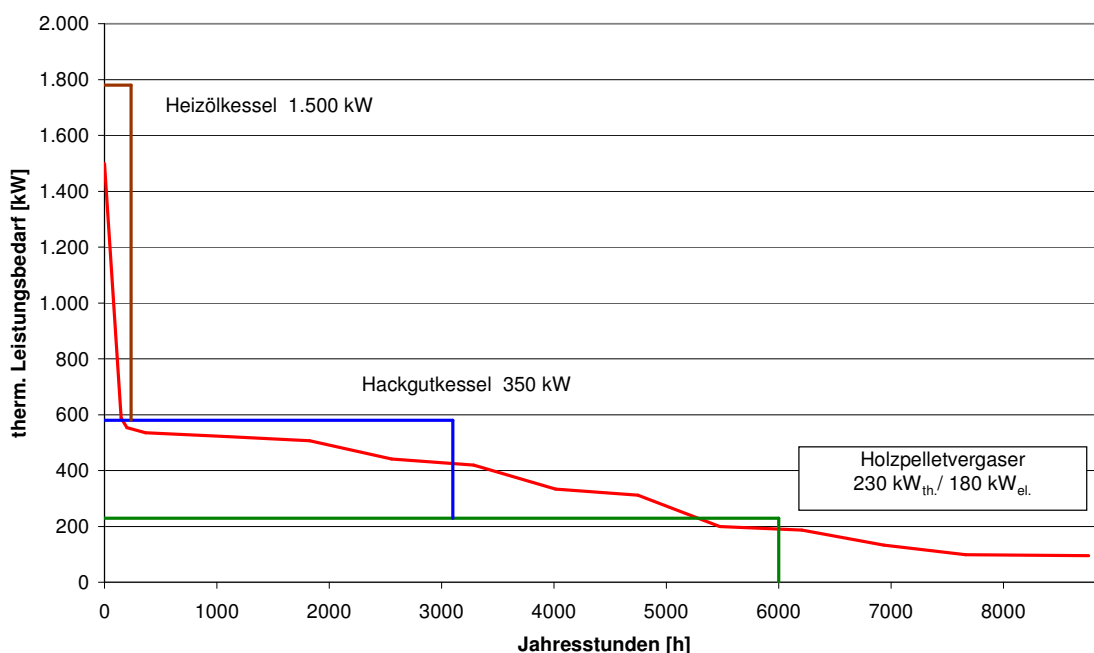


Abbildung 35: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.4

Wärmeerzeuger		Holzpelletvergaser	Hackgutkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	230	350	1.200
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	3.100	238
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.380.000	1.085.000	285.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	50	39	10

6.2.5 Variante 2.5: Heizöl-BHKW-Modul und Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.5 wird zur Grundlastabdeckung ein Heizöl-BHKW-Modul mit einer thermischen und elektrischen Leistung von jeweils 220 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.500 kW eingesetzt. Abbildung 36 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Heizöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 6.100 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 470.000 Liter Heizöl verbraucht.

Das Heizöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 1.342.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWK-Gesetz vergütet werden.

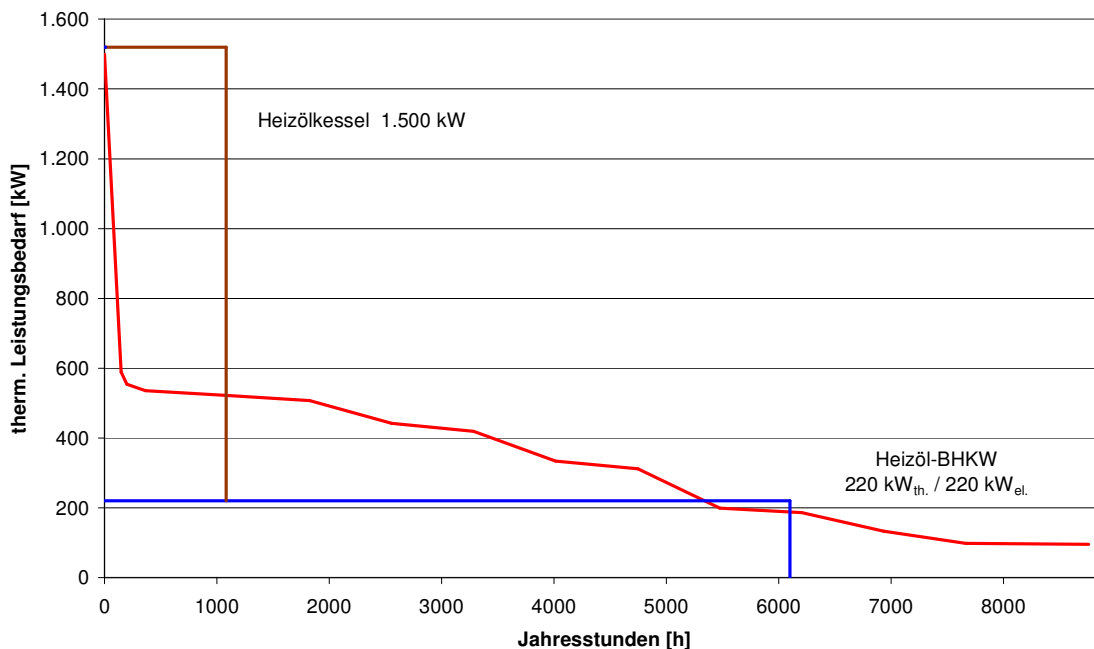
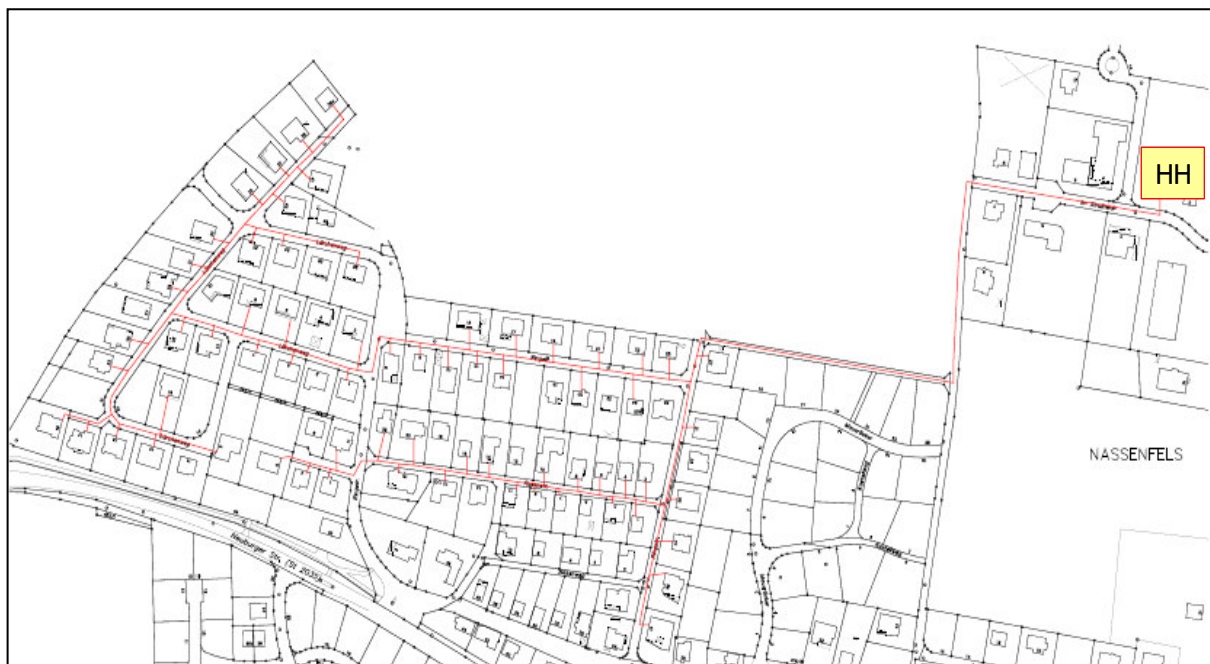


Abbildung 36: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.5

Wärmeerzeuger		Heizöl-BHKW	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	220	1.300
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.100	1.083
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.342.000	1.408.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	49	51

6.2.6 Variante 2.6: Versorgung durch die bestehenden Pflanzenöl-BHKW-Module der Spedition Meier

Bei Variante 2.6 ist die Versorgung der betrachteten Liegenschaften von den bestehenden Pflanzenöl-BHKW-Modulen auf dem Gelände der Firma angedacht. In der folgenden Abbildung ist der mögliche Verlauf der Nahwärmeverbundlösung der Variante 2.6 dargestellt.



In Tabelle 10 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße für die Variante 2.6 dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 1.500 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 2.350 Meter, die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf rund 1.021 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 405.000 kWh auf ca. 17 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 14: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße (Variante 2.6)

Netzlänge	2.350	[m]
Heizleistung	1.500	[kW]
abgesetzte Nahwärme	2.400.000	[kWh/a]
Verlustwärme	405.000	[kWh/a]
Verlust	17	[%]
Wärmebelegung	1.021	[kWh/m*a]
Leistungsbelegung	0,6	[kW/m]

Bei der Variante 2.6 werden zur Grund- und Mittellastabdeckung die bestehenden Pflanzenöl-BHKW-Module der Spedition Meier mit einer Gesamtnennwärmeleistung von 370 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.200 kW zum Einsatz. Abbildung 18 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es ist die Errichtung eines Pufferspeichers angedacht um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für die Pflanzenöl-BHKW-Module ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden dann rund 610.000 Liter Pflanzenöl und rund 63.000 Liter Heizöl verbraucht.

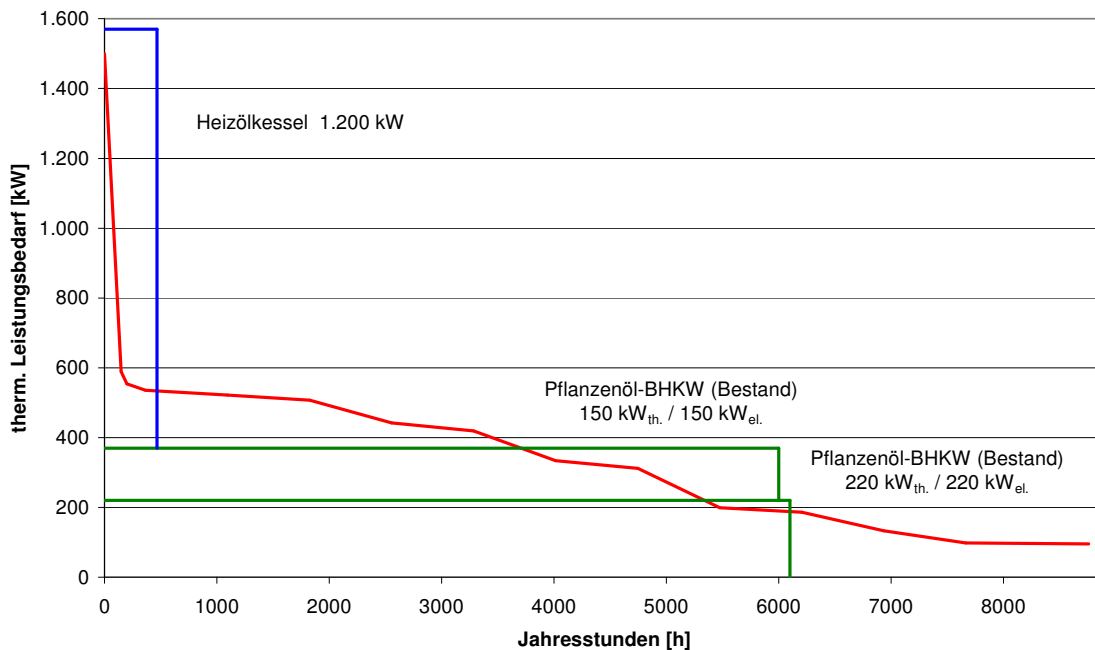


Abbildung 37: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.6

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	220	150	1.200
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.100	6.000	469
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.342.000	900.000	563.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	49	33	20

6.3 Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

6.3.1 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 38 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die niedrigsten Investitionskosten weist die Referenzvariante 2.1 mit dezentralen Heizölkesseln auf.

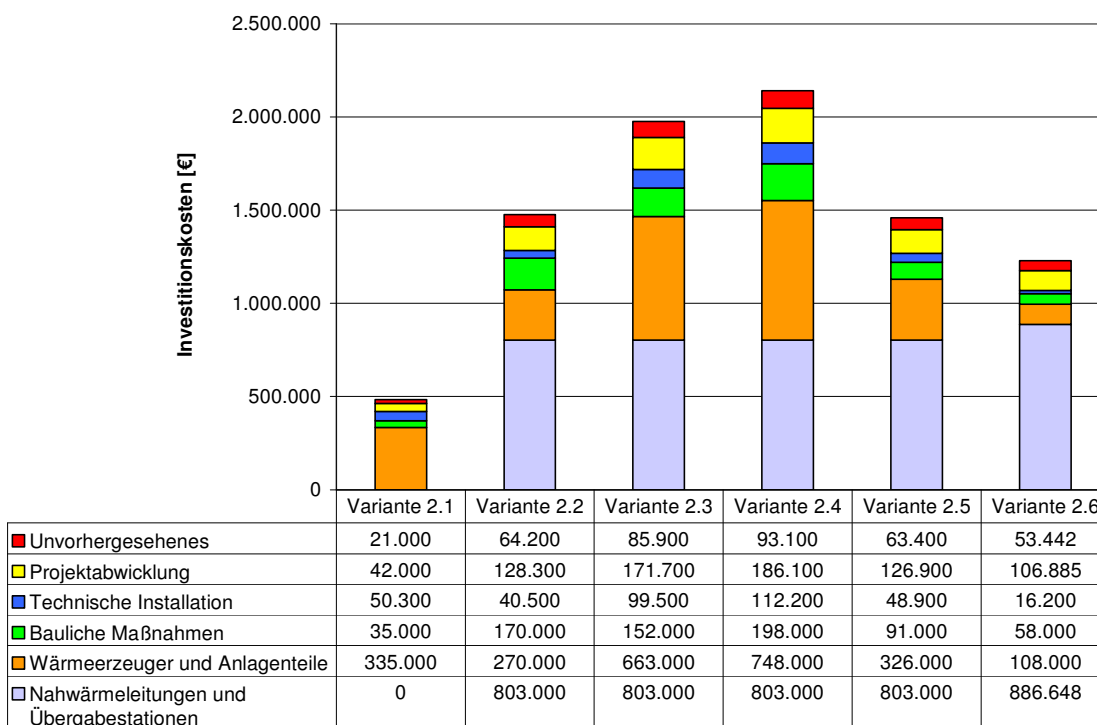


Abbildung 38: Die prognostizierten Investitionskosten

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier Kalkulierten abweichen. Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Varianten Sensitivitätsanalysen erarbeitet, welche den Einfluss einzelner Parameter auf die spezifischen Wärmegestehungskosten darstellen.

6.3.2 Die jährlichen Ausgaben

Aus den Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode die jährlichen Kapitalkosten gebildet, die sich zusammen mit den betriebsgebundenen Kosten, den verbrauchsgebundenen Kosten und den sonstigen Kosten, die nach den wirtschaftlichen Grundannahmen in Kapitel 5.3.1 berechnet werden, zu den Jahresgesamtkosten addieren. Die Aufteilung der jährlichen Ausgaben auf die einzelnen Kostenarten ist in Abbildung 39 grafisch dargestellt.

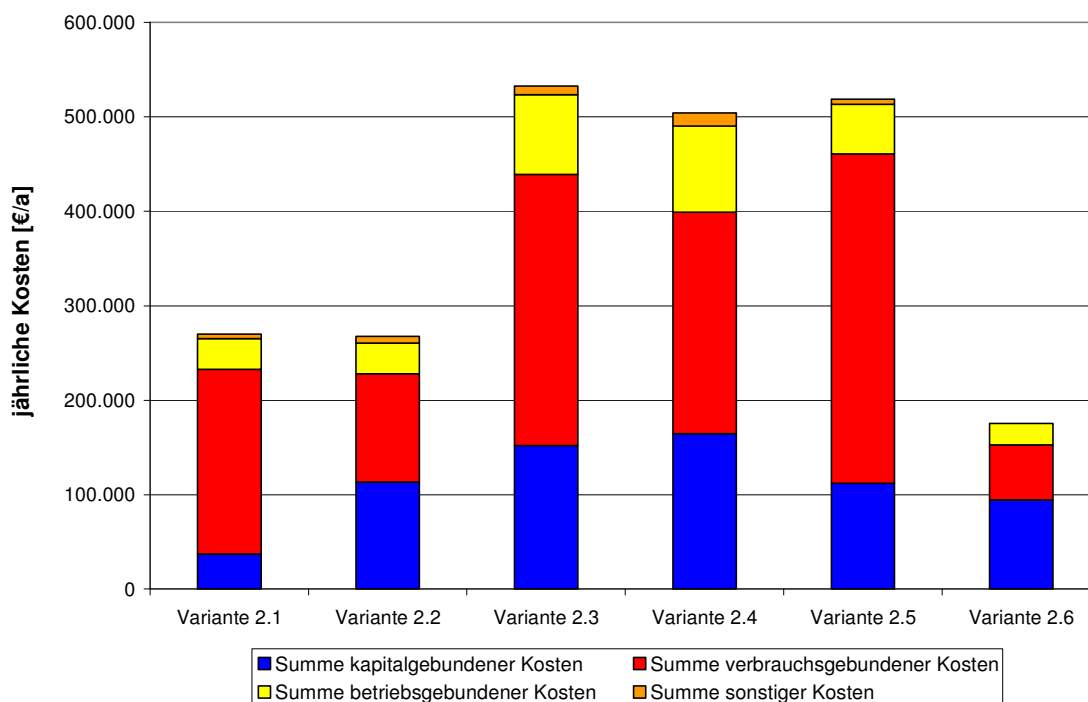


Abbildung 39: Die jährlichen Ausgaben der Varianten

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

6.3.3 Die jährlichen Einnahmen

In Abbildung 21 sind die jährlichen Einnahmen der Varianten dargestellt, welche sich durch die Stromproduktion mit dem Einsatz von KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ergeben. Bei der Variante 2.3 und 2.4 mit Holzpelletvergaser ergeben sich die Einnahmen durch die Stromeinspeisung nach dem EEG, bei Variante 2.5 durch die Netzeinspeisung nach dem KWK-Gesetz.

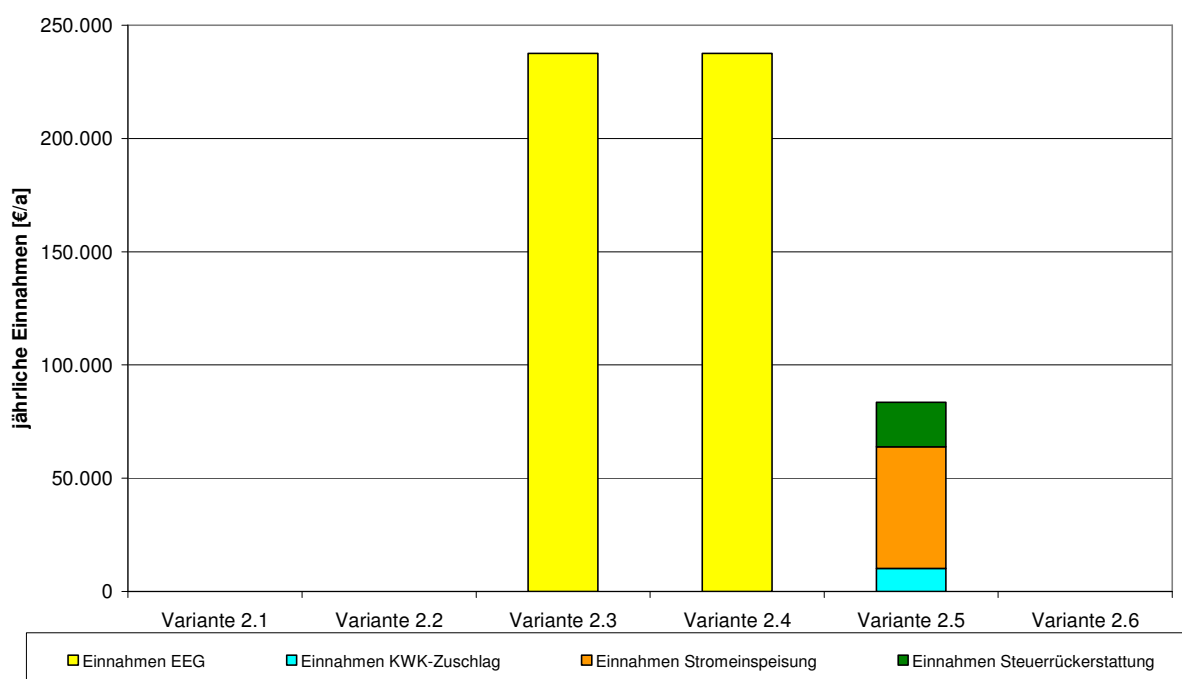


Abbildung 40: Die jährlichen Einnahmen der Varianten

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

Bei Variante 2.6 werden Einnahmen nach dem EEG erzielt, diese wurden nicht berücksichtigt.

6.3.4 Die Wärmegestehungskosten

Abbildung 41 gibt die kalkulierten Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten der einzelnen Varianten wieder. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen und sonstigen Kosten, abzüglich der Stromeinnahmen. Aus den Jahresgesamtkosten werden die spezifischen Wärmegestehungskosten ermittelt, die die Kosten pro Kilowattstunde bereitgestellter Nutzwärme beziffern. Die spezifischen Wärmegestehungskosten dienen als wichtigste Kenngröße zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Wärmegestehungsanlagen. So müssen sich alternative Konzepte zur Wärmebereitstellung stets an den spezifischen Wärmegestehungskosten einer konventionellen Standardvariante messen.

Die Grafik zeigt für die Varianten 2.1 bis 2.5 den kostendeckenden Wärmepreis vor Kunde. Bei der Variante 2.6 sind die Kosten für den Wärmeeinkauf aus den Pflanzenöl-BHKW-Modulen der Spedition Meier noch nicht enthalten, die Kosten für die Spitzenlastwärmeerzeugung inkl. dem dazu notwendigen Brennstoff sind jedoch bereits enthalten.

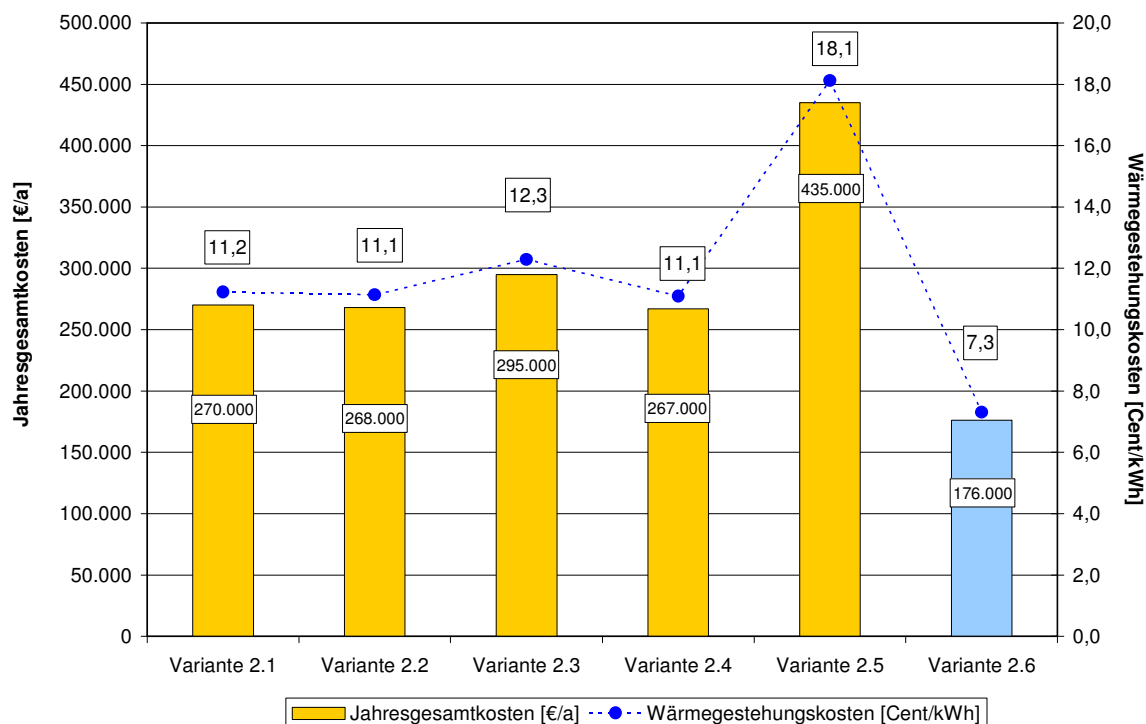


Abbildung 41: Die Jahresgesamtkosten und spez. Wärmegestehungskosten der Varianten

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizkessel	Hackgutkessel Heizkessel	Holzpelletvergaser Heizkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizkessel	Heizöl-BHKW Heizkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizkessel

Die Referenzvariante 2.1 mit dezentralen Heizölkesseln weist Wärmegestehungskosten von 11,2 Cent/kWh auf. Die höchsten Wärmegestehungskosten ergeben sich mit 18,1 Cent/kWh ergeben sich bei Variante 2.5 mit Heizöl-BHKW. Die niedrigsten Wärmegestehungskosten i. H. v. 11,1 Cent/kWh ergeben sich bei den Varianten 2.2 und 2.4.

6.4 Die Sensitivitätsanalyse

Zur Berücksichtigung von Änderungen der Kapitalkosten sowie Preisänderungen bei den Brennstoffen wird für die einzelnen Varianten eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die den Einfluss des jeweiligen Parameters auf die Wärmegegestehungskosten simuliert.

Die verschiedenen Sensitivitätsanalysen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. In den Sensitivitätsanalysen der neuen Energieversorgungsvarianten ist jeweils die Sensitivität der Referenzvariante auf steigende Brennstoffpreise mit dargestellt.

Variante 2.1: dezentrale Heizölkessel Referenz

Steigen die Brennstoffkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegegestehungskosten von 11,2 Cent/kWh auf 15,3 Cent/kWh. Steigen die Kapitalkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegegestehungskosten auf 12,0 Cent/kWh.

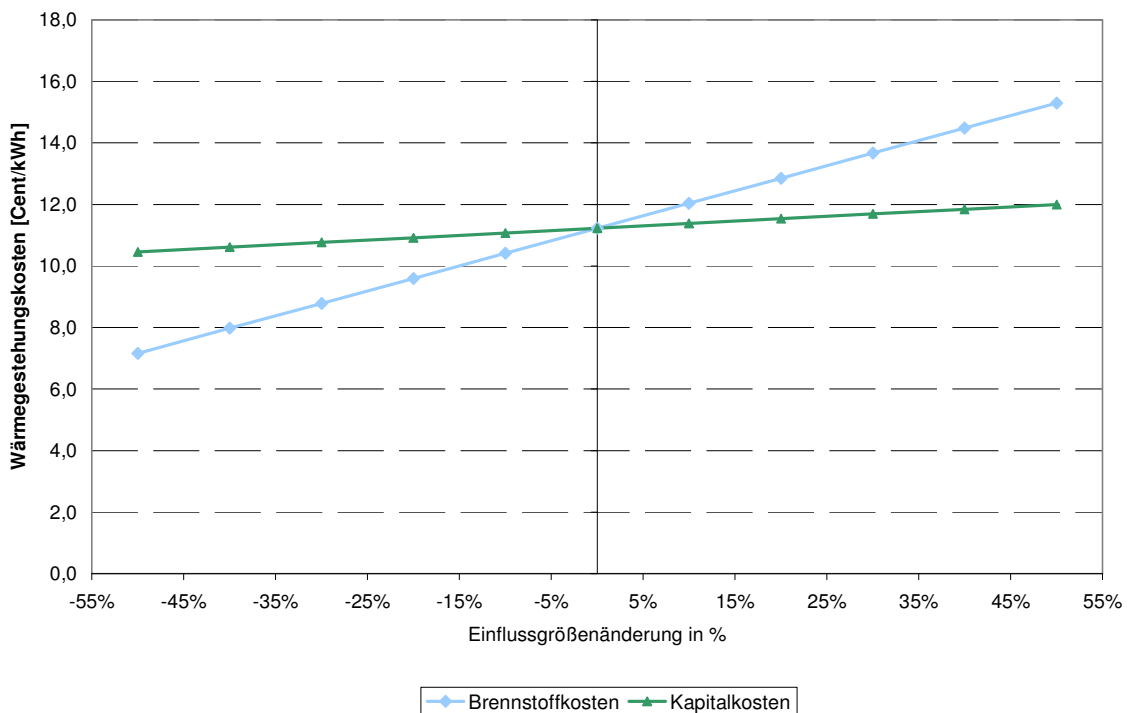


Abbildung 42: Die Sensitivitätsanalyse der Referenzvariante 2.1

Variante 2.2: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

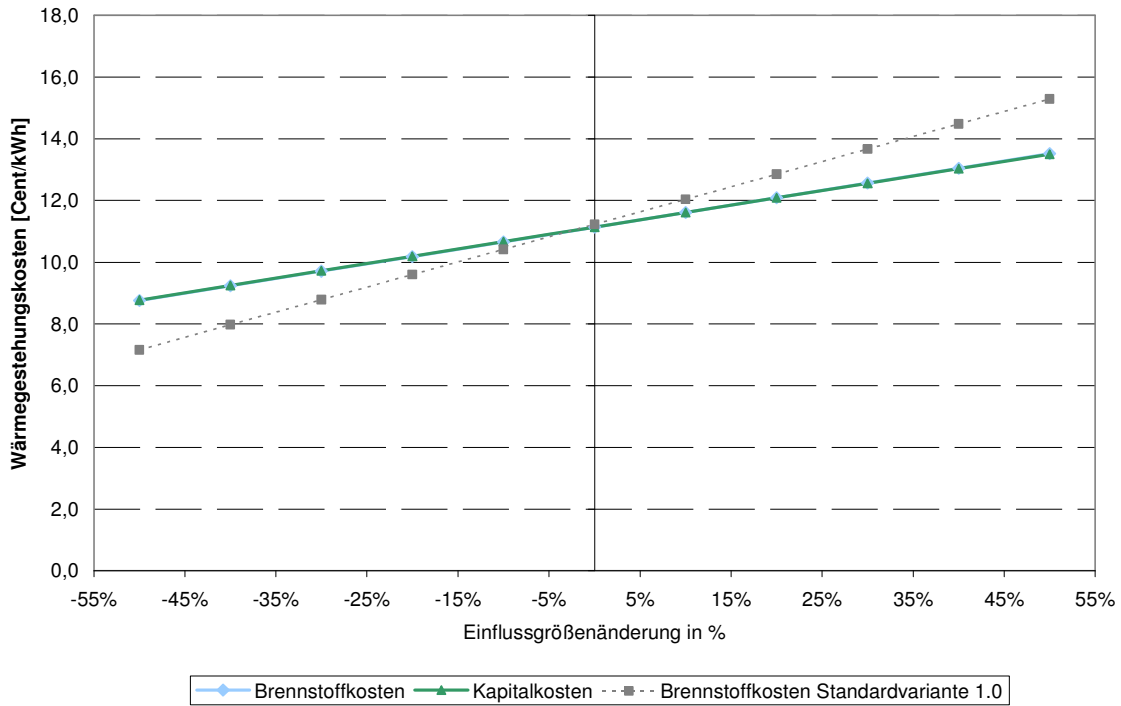


Abbildung 43: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.2

Variante 2.3: Holzpelletvergaser mit Spitzenlastkessel

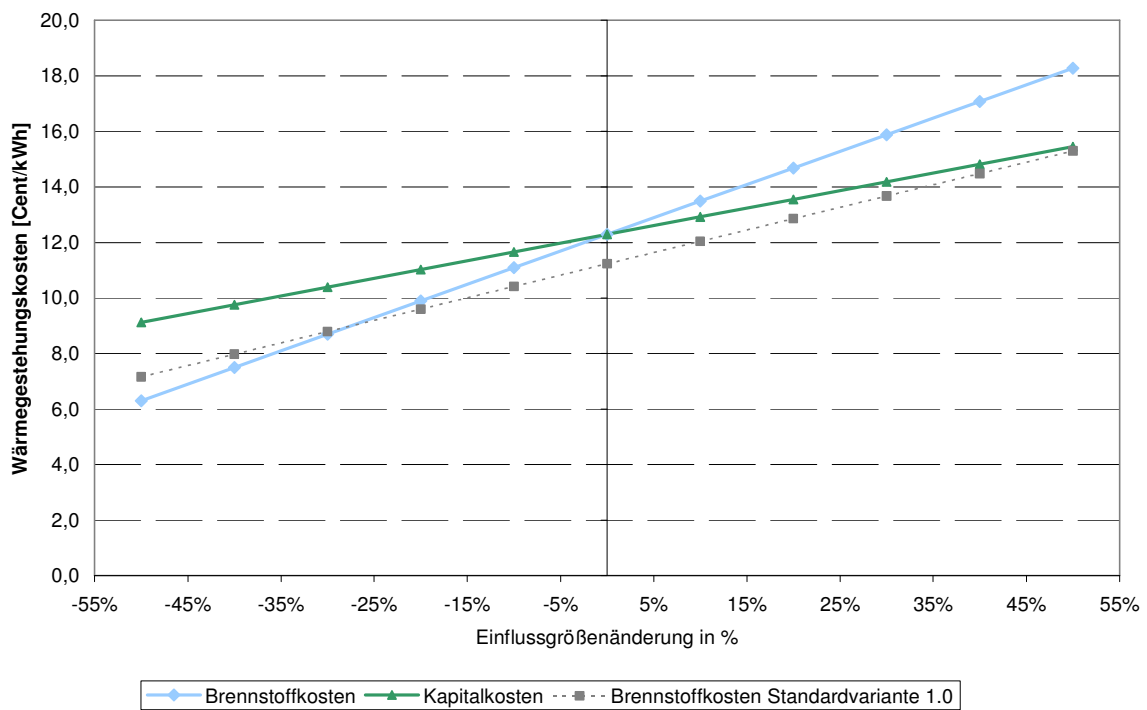


Abbildung 44: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.3

Variante 2.4: Holzpelletvergaser, Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

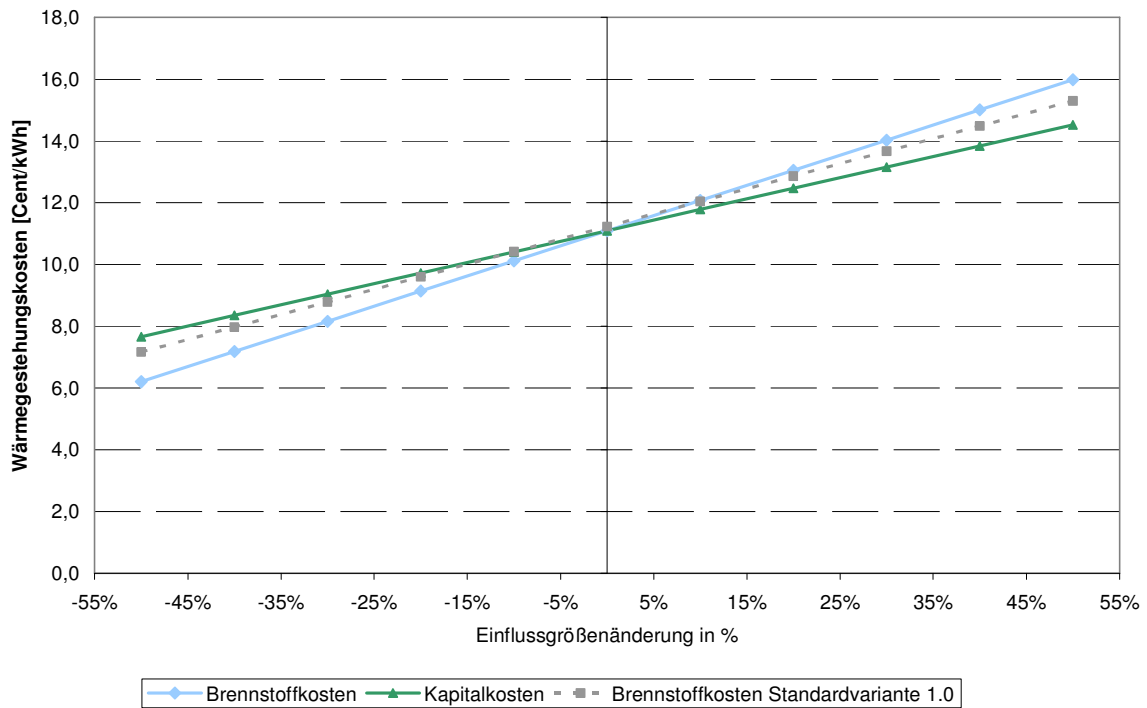


Abbildung 45: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.4

Variante 2.5: Heizöl-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

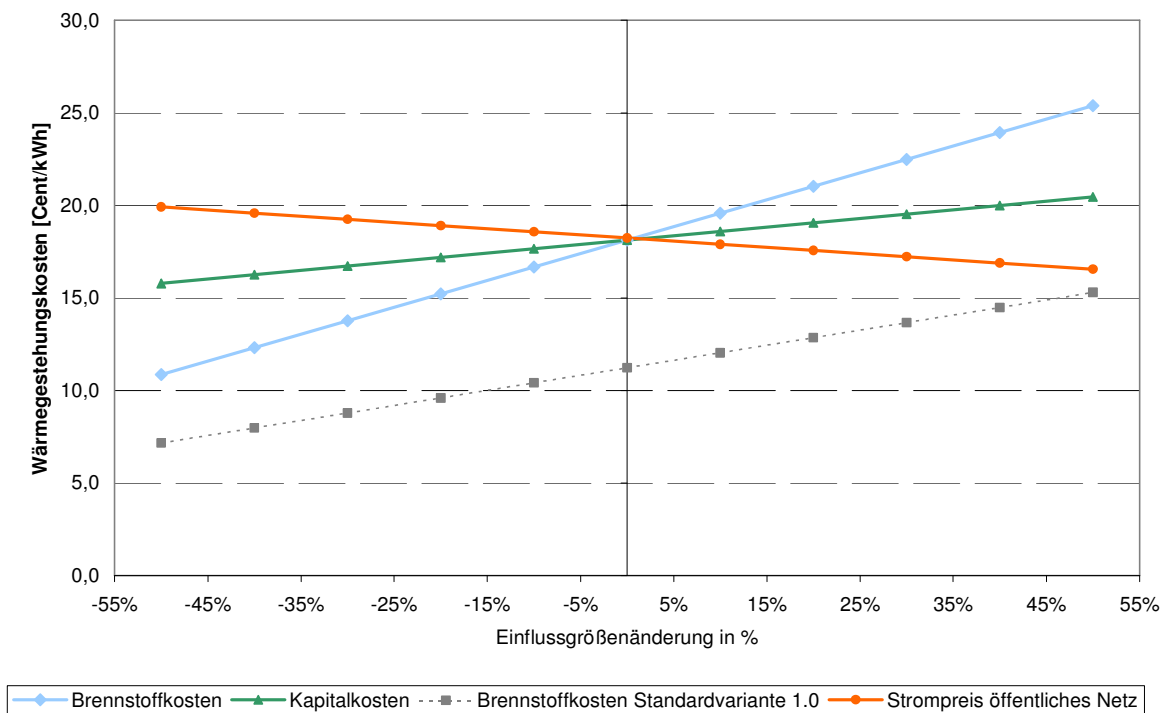


Abbildung 46: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.5

Variante 2.6: Pflanzenöl-BHKW-Module im Bestand mit Spitzenlastkessel

In Abbildung 47 ist nur der Einfluss des Kapitaldienstes auf die Durchleitungskosten dargestellt, da die Kosten für den Wärmebezug aus den Pflanzenöl-BHKW-Modulen der Spedition Meier nicht bekannt sind. Ist der Wärmepreis inkl. Preisleitklausel bekannt, kann die Sensitivitätsanalyse für die Brennstoffkosten dieser Variante ermittelt werden.

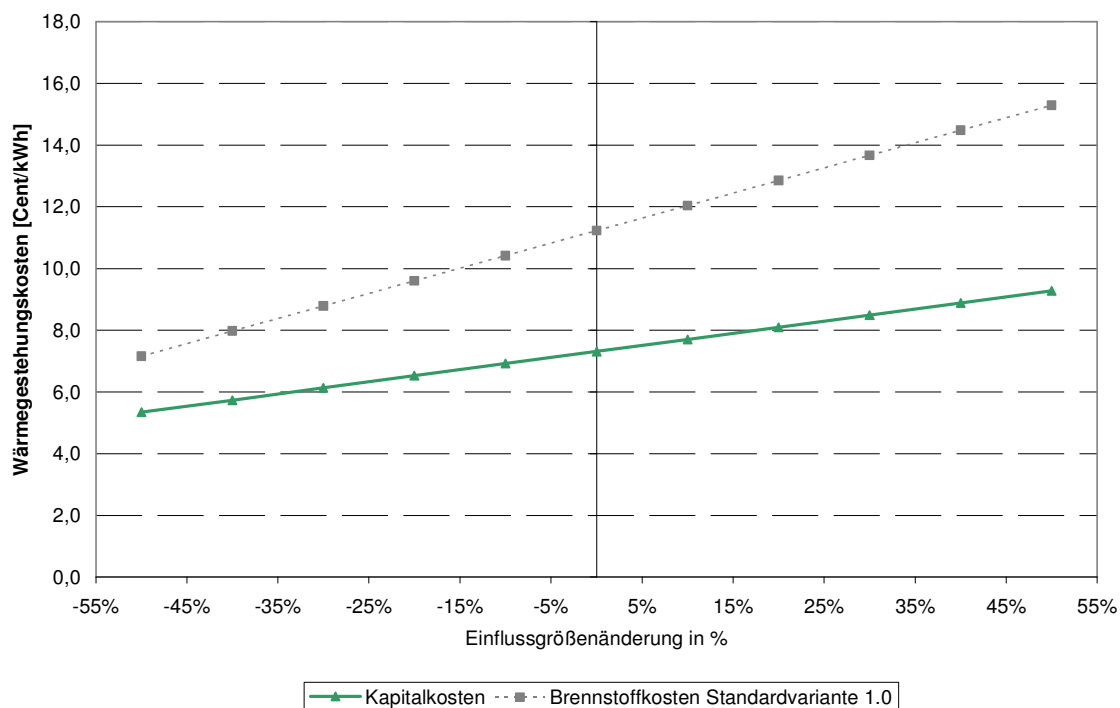


Abbildung 47: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.6

6.5 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO₂-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 48 dargestellt.

	Heizöl	Pflanzenöl	Hackschnitzel	Pellets	Strom
CO ₂ - Äquivalent [g/kWh _{End}]	302	129	35	45	633

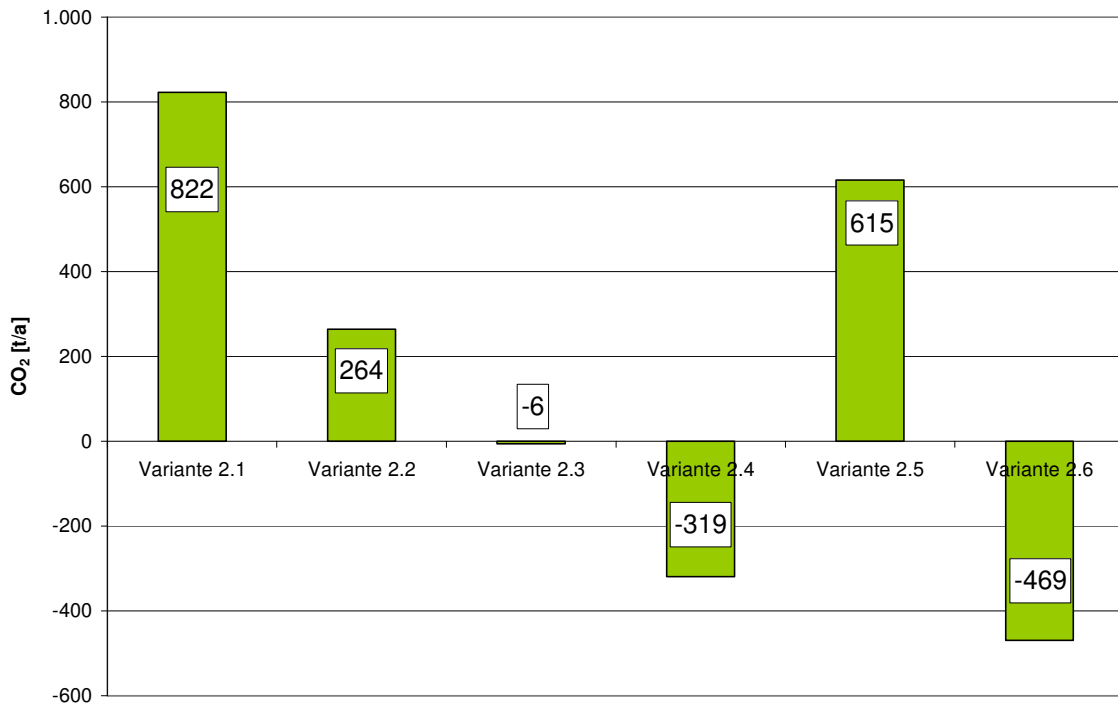


Abbildung 48: Die CO₂-Bilanz der verschiedenen Varianten

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

Die höchsten CO₂-Emissionen entstehen bei der Referenzvariante 2.1 und bei Variante 2.5, da hierbei nur der fossile Energieträger Heizöl zum Einsatz kommt. Gegenüber der Referenzvariante können die CO₂-Emissionen in Variante 2.2 mit Hackgutkessel um rund 2/3 reduziert werden. Eine rechnerisch negative CO₂-Bilanz ergibt sich bei den Varianten 2.3,

2.4 und 2.6, durch die Stromproduktion und den regenerativen Brennstoffen (Pellets, Hackgut und Pflanzenöl).

6.6 Förderungen

Für die Förderungen gelten die in Kapitel 5.3.2 getroffenen Erläuterungen. In Tabelle 15 sind die möglichen Förderungen der Nahwärmeverbundlösung Schule aufgeführt. Zudem wird der Einfluss der Investitionszuschüsse auf die jeweiligen Wärmegestehungskosten der verschiedenen Energieversorgungsvarianten dargestellt.

Tabelle 15: Übersicht der möglichen Förderungen im Nahwärmeverbundnetz Schule

	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
Technische Anlagen						
Bioklima TFZ [€]		85.000	39.000			
KfW - Biomasseanlagen [€]		18.000		9.000		
Netzneubau						
KWK - Netz [€]						110.000
KfW - Netz [€]		121.000	121.000	121.000		46.000
KfW - HÜS [€]		120.600	120.600	120.600	120.600	120.600
Summe [€]	0	344.600	280.600	250.600	120.600	276.600

In Tabelle 16 ist der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten dargestellt.

Tabelle 16: Der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten

Nahwärmeverbundlösung "Rosenstraße"		Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
Investitionskosten (Netto)	[Euro]	484.000	1.476.000	1.976.000	2.141.000	1.460.000	1.230.000
Jahresgesamtkosten	[Euro/a]	270.000	268.000	295.000	267.000	435.000	176.000
Wärmegestehungskosten ohne Förderung	[Cent/kWh]	11,2	11,1	12,3	11,1	18,1	7,3
Wärmegestehungskosten mit Förderung	[Cent/kWh]	11,2	10,0	11,4	10,3	17,7	6,4
CO₂- Bilanz	[t/a]	822	264	-6	-319	615	-469

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

7 Zusammenfassung

Im Rahmen des Kommunalen Energieeinsparkonzeptes für den Markt Nassenfels wurden Möglichkeiten der Energieversorgung im Kernort Nassenfels untersucht. Das Energieeinsparkonzept dient der Gemeinde als Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Strategie ihrer Energieversorgung.

Die Basis für sämtliche Betrachtungen bildet die Aufnahme des Ist-Zustandes und der bestehenden Infrastruktur. Dabei wurden an Hand der zur Verfügung gestellten Unterlagen für kommunale Gebäude und der statistischen Auswertungen der Kaminkehrer der Energieumsatz der eingesetzten Energieträgern kalkuliert und daraus der Primärenergieumsatz sowie der CO₂-Austoß für den Ort Nassenfels ermittelt. Zur Verprobung wurden die Ergebnisse der bereits durchgeführten Bürgerbefragung herangezogen.

Aufbauend auf dem Energiebedarf des Ist-Zustandes wurde eine straßenzugweise Einteilung des Wärmebedarfs bei unterschiedlichen Anschlussdichten (60%, 80 %, und 100%) vorgenommen und für den Ort ein Wärmebedarfsatlas erstellt. Dadurch konnten Gebiete mit einem ausreichend hohem Wärmeenergiebedarf identifiziert werden.

Darauf aufbauend wurden unterschiedliche Energieversorgungskonzepte mit dezentralen Lösungen sowie Nahwärmeverbundlösungen dimensioniert und verglichen. Im Einzelnen waren das:

- Das Neubaugebiet „Maueräcker“
- Die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße
- Die Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße

Die Bewertung unterschiedlicher Varianten stützt sich auf die kalkulierten Energiebedarfsdaten und beinhaltet eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzeslage sowie eine CO₂-Bilanz. Das Ergebnis liefert somit eine umfangreiche Informationsbasis für die Entscheidung über das künftige Energiesystem.

Zu Beginn wurde die Nahwärmeverbundlösung „Maueräcker“ untersucht. In diesem Fall wurden die grundsätzliche Machbarkeit einer Nahwärmeverbundlösung betrachtet und die ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen dargestellt. In Tabelle 17 sind die Ergebnisse der Betrachtung aufgeführt.

Tabelle 17: Die spezifischen Durchleitungskosten und spezifischen CO₂-Emissionen im Vergleich

Wärmegestehungskosten (12 kW Einheit)	dezentrale Erzeugung			Nahwärmeversorgung
	Holzpelletkessel	Wärmepumpe	Heizöl+Solar	
[Cent/kWh]	19,3	20,6	17,3	
Durchleitungskosten				
bei 100% Anschlussdichte [Cent/kWh]				11,0
bei 60% Anschlussdichte [Cent/kWh]				12,9
CO ₂ -Emissionen [g/kWh]	57	181	262	85*

*Hackgutkessel mit Heizölspitzenlast

Aus dem Vergleich geht hervor, dass der kostendeckende Wärmepreis vor Abnehmer im Nahwärmenetz bei 100 % Anschlussdichte und einem spezifischen Wärmeerzeugungspreis von < 7 Cent/kWh konkurrenzfähig zu dezentralen Systemen ist.

Die Wärmebelegung im Netz beträgt bei einer Anschlussdichte von 100 % rund 383 kWh/(m*a). Fördermittel für die Errichtung von Nahwärmeverbundlösungen werden ab einer Wärmebelegung von 500 kWh/(m*a) erteilt. Für die Nahwärmeverbundlösung „Maueräcker“ sind derzeit keine Förderungen möglich.

Da kein Anschluss- und Nutzerzwang für das Neubaugebiet „Maueräcker“ besteht, könnte sich in der Realität durch den Zubau von staatlich geförderten Wärmeerzeugern wie z.B. Solarthermie und Kachelöfen eine Verringerung des Wärmebedarfes durch Eigenerzeugung ergeben. Dieser Einfluss wurde nicht berücksichtigt. Die dadurch entstehende Kostenentwicklung ist qualitativ einer niedrigeren Anschlussdichte gleichzusetzen.

Im nächsten Schritt wurde die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße mit Liegenschaften um das Rathaus entwickelt. Als Referenzvariante wurde die dem Ist-Zustand entsprechende dezentrale Wärmeversorgung in den Liegenschaften herangezogen. Es wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante 1.1:** Installation moderner Heizölfeuerungsanlagen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante 1.2:** Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 1.3:** Holzpelletkessel im Grundlastbetrieb und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 1.4:** Pflanzenöl-BHKW im Netzparallelbetrieb Stromeinspeisung nach EEG Stromeinspeisung und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 1.5:** Heizöl-BHKW im Netzparallelbetrieb mit Stromeigennutzung und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 1.6:** Anschluss an den bestehenden Hackgutkessel in der Schule mit Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb

In der Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße wurde die Versorgung von 67 privaten Liegenschaften betrachtet. Die Anschlussdichte wurde auf 80% festgelegt. In diesem Fall wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante 2.1:** Installation moderner Heizölfeuerungsanlagen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante 2.2:** Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 2.3:** Holzpelletvergaser im Grundlastbetrieb und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 2.4:** Holzpelletvergaser im Grundlastbetrieb, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 2.5:** Heizöl-BHKW im Netzparallelbetrieb mit Stromeigennutzung und Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante 2.6:** Anschluss an die bestehenden Pflanzenöl-BHKW-Module (Spedition Meier) mit Heizölkessel im Spitzenlastbetrieb

Aufbauend auf der Dimensionierung können Anlagenlaufzeiten und Brennstoffbedarf prognostiziert werden. Dies legt die Basis einer umfassenden Vollkostenrechnung aller Varianten in Anlehnung an die VDI 2067. Unter Berücksichtigung der Kapital-, Brennstoff-, Wartungs-, Betriebs- und Verwaltungskosten sowie möglicher Stromeinnahmen in KWK-Varianten können durchschnittliche Wärmegestehungskosten in allen Versorgungskonzepten vergleichend kalkuliert werden. Mögliche Förderungen wurden gesondert betrachtet. Im Hinblick auf steigende Brennstoffpreise wurden die Wärmegestehungskosten einer Sensitivitätsanalyse unterzogen.

Die folgenden Tabellen zeigen zusammenfassend die Investitionskosten, Jahresgesamtkosten, spezifischen Wärmegestehungskosten sowie die CO₂ Bilanz.

Die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße

In Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Nahwärmeverbundlösung Schulstraße zusammenfassend dargestellt. Bei den derzeitigen Brennstoffkosten ergeben sich bei der Referenzvariante, die dem Ist-Zustand entspricht, Wärmegestehungskosten von etwa 10,7 Cent/kWh. Nur bei Variante 1.6, dem Zusammenschluss mit der bestehenden Hackgutheizung in der Schule, ergeben sich mit 10,5 Cent/kWh niedrigere Wärmegestehungskosten. Bei allen anderen untersuchten Energieversorgungsvarianten ergeben sich höhere Wärmegestehungskosten als bei der Referenzvariante mit Heizölkessel.

Die Referenzvariante weist mit jährlich 95 t die höchsten CO₂-Emissionen auf. Bei allen untersuchten Energieversorgungsvarianten ist der CO₂-Ausstoß geringer. Die geringsten CO₂-Emissionen ergeben sich mit 24 t/a bei Variante 1.4 mit Pflanzenöl-BHKW.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße

Nahwärmeverbundlösung "Schulstraße"		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Variante 1.6
Investitionskosten (Netto)	[Euro]	49.000	190.000	176.000	197.000	180.000	160.000
Jahresgesamtkosten	[Euro/a]	29.600	36.000	39.000	47.000	45.000	29.200
Wärmegestehungskosten ohne Förderung	[Cent/kWh]	10,7	12,7	13,8	16,7	16,1	10,5
Wärmegestehungskosten mit Förderung	[Cent/kWh]	10,7	12,1	13,1	16,1	16,1	9,6
CO₂- Bilanz	[t/a]	95	26	28	24	78	35

Die Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße zusammenfassend dargestellt. Bei den derzeitigen Brennstoffkosten ergeben sich bei der Referenzvariante, die dem Ist-Zustand entspricht, Wärmegestehungskosten von etwa 11,2 Cent/kWh. Niedrigere Wärmegestehungskosten ergeben sich bei Variante 2.2 und Variante 2.4. Bei den weiteren untersuchten Energieversorgungsvarianten ergeben sich höhere Wärmegestehungskosten als bei der Referenzvariante mit Heizölkessel.

Bei der Variante 2.6 sind die Kosten für den Wärmeeinkauf aus den Pflanzenöl-BHKW-Modulen der Spedition Meier noch nicht enthalten, die Kosten für die Spitzenlastwärmeerzeugung inkl. dem dazu notwendigen Brennstoff sind jedoch bereits enthalten.

Die Referenzvariante weist mit jährlich 822 t die höchsten CO₂-Emissionen auf. Bei allen untersuchten Energieversorgungsvarianten ist der CO₂-Ausstoß geringer. Die geringsten CO₂-Emissionen ergeben sich mit -469 t/a bei Variante 2.6 mit Pflanzenöl-BHKW durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme sowie dem regenerativen Brennstoff.

Tabelle 19: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße

Nahwärmeverbundlösung "Rosenstraße"		Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
Investitionskosten (Netto)	[Euro]	484.000	1.476.000	1.976.000	2.141.000	1.460.000	1.230.000
Jahresgesamtkosten	[Euro/a]	270.000	268.000	295.000	267.000	435.000	176.000
Wärmegestehungskosten ohne Förderung	[Cent/kWh]	11,2	11,1	12,3	11,1	18,1	7,3
Wärmegestehungskosten mit Förderung	[Cent/kWh]	11,2	10,0	11,4	10,3	17,7	6,4
CO₂- Bilanz	[t/a]	822	264	-6	-319	615	-469

Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.5	Variante 2.6
dezentrale Heizölkessel	Hackgutkessel Heizölkessel	Holzpelletvergaser Heizölkessel	Holzpelletvergaser Hackgutkessel Heizölkessel	Heizöl-BHKW Heizölkessel	Pflanzenöl-BHKW Bestand Heizölkessel

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die aus der Kaminkehrerstatistik ermittelte Anteile der eingesetzten Energieträger zur thermischen Energiebereitstellung in Nassenfels, ohne kommunale Liegenschaften.....	11
Abbildung 2: Der Gesamtendenergieeinsatz zur thermischen Energiebereitstellung in Nassenfels.	12
Abbildung 3: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“.....	16
Abbildung 4: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ bei 100 % Anschlussdichte.....	18
Abbildung 5: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs im Nahwärmeverbundnetz „Maueräcker“ bei 100 % Anschlussdichte	19
Abbildung 6: Der Anteil des Netzverlustes an den spez. Durchleitungskosten in Abhängigkeit des Wärmeerzeugerpreises	21
Abbildung 7: Die spezifischen Durchleitungskosten mit Netzverlust aufgeteilt nach Kostenarten für die Anschlussdichten von 60 und 100 %	22
Abbildung 8: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 100%.....	25
Abbildung 9: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 80%.....	26
Abbildung 10: Der Wärmekataster bei einer Anschlussdichte von 60%.....	27
Abbildung 11: Der möglich Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße.....	30
Abbildung 12: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße.....	32
Abbildung 13: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße.....	33
Abbildung 14: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2	37
Abbildung 15: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3	38
Abbildung 16: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4	39
Abbildung 17: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.5.....	40
Abbildung 18: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.6 im Ist-Zustand (blau) und dem Sollzustand.....	43
Abbildung 19: Die prognostizierten Investitionskosten.....	51
Abbildung 20: Die jährlichen Ausgaben der Varianten.....	52
Abbildung 21: Die jährlichen Einnahmen der Varianten.....	53
Abbildung 22: Die Jahresgesamtkosten und spez. Wärmegestehungskosten der Varianten	54

Abbildung 23: Die Sensitivitätsanalyse der Referenzvariante 1.1	55
Abbildung 24: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.2.....	56
Abbildung 25: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.3.....	56
Abbildung 26: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.4.....	57
Abbildung 27: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.5.....	57
Abbildung 28: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 1.6.....	58
Abbildung 29: Die CO ₂ -Bilanz der verschiedenen Varianten.....	59
Abbildung 30: Der möglich Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße (Variante 2.2 – 2.5).....	61
Abbildung 31: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße.....	63
Abbildung 32: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße	64
Abbildung 33: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.2	66
Abbildung 34: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.3	67
Abbildung 35: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.4	68
Abbildung 36: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.5	69
Abbildung 37: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.6	72
Abbildung 38: Die prognostizierten Investitionskosten.....	73
Abbildung 39: Die jährlichen Ausgaben der Varianten.....	74
Abbildung 40: Die jährlichen Einnahmen der Varianten.....	75
Abbildung 41: Die Jahresgesamtkosten und spez. Wärmegestehungskosten der Varianten	76
Abbildung 42: Die Sensitivitätsanalyse der Referenzvariante 2.1	78
Abbildung 43: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.2.....	79
Abbildung 44: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.3.....	79
Abbildung 45: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.4.....	80
Abbildung 46: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.5.....	80
Abbildung 47: Die Sensitivitätsanalyse der Variante 2.6.....	81
Abbildung 48: Die CO ₂ -Bilanz der verschiedenen Varianten.....	82

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Liegenschaften mit den installierten Wärmeerzeugern und den Brennstoffverbräuchen	9
Tabelle 2: Der kumulierte Energieaufwand für verschiedene Energieträger und der Primärenergieeinsatz	13
Tabelle 3: Die CO ₂ -Äquivalente für verschiedene Energieträger und der jährliche CO ₂ -Ausstoß.....	14
Tabelle 4: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes „Maueräcker“ für eine Anschlussdichte von 60 % und 100 %.....	17
Tabelle 5: Die spezifischen Netzdurchleitungskosten ohne Netzverlust.....	20
Tabelle 6: Die spezifischen Durchleitungskosten und spezifischen CO ₂ -Emissionen im Vergleich	23
Tabelle 7 Die Abstufungen der Wärmebelegungen im Wärmekataster.....	24
Tabelle 8: Die Wärmebelegungen in Abhängigkeit der Anschlussdichte.....	28
Tabelle 9: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße	31
Tabelle 10: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Schulstraße für die Variante 1.6.....	42
Tabelle 11: Übersicht der möglichen Förderungen im Nahwärmeverbundnetz Schule	60
Tabelle 12: Der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten.....	60
Tabelle 13: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße (Variante 2 - 5).....	62
Tabelle 14: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes Rosenstraße (Variante 2.6).....	71
Tabelle 15: Übersicht der möglichen Förderungen im Nahwärmeverbundnetz Schule	83
Tabelle 16: Der Einfluss der Förderungen auf die Wärmegestehungskosten.....	83
Tabelle 17: Die spezifischen Durchleitungskosten und spezifischen CO ₂ -Emissionen im Vergleich	85
Tabelle 18: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Nahwärmeverbundlösung Schulstraße	87
Tabelle 19: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Nahwärmeverbundlösung Rosenstraße.....	88