

WÄRMEWENDE FÜR QUARTIERE

BIOENERGIE BRINGT DIE ENERGIEWENDE IN GANZE STADTTTEILE

Eine energetische Sanierung wird häufig für einzelne Gebäude separat geplant. Moderne Heizungsanlagen, zusätzliche Wärmedämmung und Erneuerbare Energien sollen dabei die Energie- und Klimabilanz jedes einzelnen Hauses optimieren. Aus stadtplanerischer und auch energietechnischer Sicht ist es jedoch oftmals sinnvoller, die Planung über das Einzelgebäude hinaus auf ganze Komplexe oder Quartiere auszudehnen. Nah- oder Fernwärmenetze sind hierfür ein geeignetes Mittel. Immer mehr Kommunen setzen bei der Umsetzung ihrer Klimaschutzziele auf gemeinschaftliche Lösungen und ein integriertes Quartierskonzept.

Besonders im städtischen Raum stehen Gebäude in vielfältiger Beziehung zu ihrer Umgebung und es existiert meist eine relativ hohe Wärmebedarfsdichte. Dadurch lassen sich Synergien nutzen, wobei technische Belange ebenso eine Rolle spielen wie wirtschaftliche, soziale und kulturelle Aspekte. Dicht bebaute und bewohnte Gebiete können durch ein Wärmenetz sparsamer versorgt werden, als wenn jeder Haus- oder Wohnungseigentümer eine eigene Heizungsanlage betreibt. Die Wärme hierfür kann regenerativ in einem Biogas-Blockheizkraftwerk oder einem Holzheizkraftwerk bzw. Holzheizwerk bereitgestellt werden. Der große Vorteil der Wärmenetze besteht auch in der hohen Flexibilität in Bezug auf die angeschlossenen Bereitstellungstechnologien. Auch Solarthermie-

anlagen und Wärmepumpen können in Verbindung mit Erdwärmespeichern die Bioenergie ergänzen. Wärmenetze erlauben es, auch Stadtgebiete mit Erneuerbaren Energien zu versorgen, die selbst kaum über Fläche für solche Anlagen verfügen. So kann der CO₂-Ausstoß auch in innerstädtischen und denkmalgeschützten Quartieren verringert werden. Zukünftig sollen bei einem durch aktuelle Wärmeschutzmaßnahmen deutlich verringerten Energiebedarf von Gebäuden auch Niedrigenergienetze, sogenannte LowEx-Netze zum Einsatz kommen. Sie ermöglichen die Nutzung von Abwärme oder Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau und schaffen so die Voraussetzung, dass auch im Wärmebereich Konsumenten und Produzenten zu ‚Prosumenten‘ werden können.



1 WÄRMEVERSORGUNG EINES LÄNDLICHEN WOHN- UND GEWERBEGEBIETES ÜBER EIN HOLZHEIZWERK

Holzheizwerke eignen sich besonders in ländlichen, waldreichen Gegenden zur Wärmeversorgung. Sie finden sich häufig in Bioenergiedörfern. Holz bietet sich als Energieträger an, wenn der Rohstoff standortnah zur Verfügung steht, z.B. aus der Wald- und Landschaftspflege.

Die folgenden Berechnungen zeigen beispielhaft den Wärmebedarf und die -versorgung für ein ländliches Wohn- und Gewer-

begebiet, das sich aus einem Dorfkern, einer Einfamilien- und Doppelhaussiedlung, einer Siedlung mit Mehrfamilienhäusern und Reihenhäusern zusammensetzt. Zudem befinden sich eine Gaststätte, eine Metzgerei und eine Bäckerei im Versorgungsbereich. Letztere hat auch außerhalb der Heizperiode einen Bedarf für (Prozess-) Wärme. Alle Gebäude sind über ein Nahwärmenetz an das Holzheizwerk angeschlossen.

Der für die Berechnungen herangezogene Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf bezieht sich auf Bestandsgebäude (siehe Tabelle 1). Bei Neubauten nach EnEV 2014/2016-Standard oder dem für 2018 angekündigten neuen GebäudeEnergieGesetz (GEG) ist von einem zum Teil deutlich geringeren spezifischen Heizwärmebedarf auszugehen.



Die Wärmebedarfsdichte (Verhältnis von jährlicher Wärmeabnahme zur Länge der Wärmetrasse) beträgt 2.300 kWh/(m*a). Der Wert liegt über dem von (C.A.R.M.E.N. o.J.) angegebenen Zielwert von 1.500 kWh/(m*a). Der für eine etwaige KfW-Förderung (siehe KfW Programm Erneuerbare Energien „Premium“, Stand 08/2016) geforderte Mindestwärmeabsatz von 500 kWh je Jahr und Trassenmeter wird eingehalten.

Objekte / Wärmenetz	Wärmebedarfe / Verluste	Summen
Ländlicher Dorfkern (45 Gebäude)	ca. 160 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf für Heiz- und Brauchwassera bei 200 m ² Nutzfläche je Gebäude	ca. 1,4 Mio. kWh/a
Einfamilien- und Doppelhaus-siedlung (165 Gebäude)	ca. 100 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 200 m ² Nutzfläche je Gebäude	ca. 3,3 Mio. kWh/a
Reihenhaussiedlung (40 Gebäude)	ca. 70 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 250 m ² Nutzfläche je Gebäude	ca. 700.000 kWh/a
Siedlung kleiner Mehrfamilienhäuser (30 Gebäude)	ca. 75 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 600 m ² Nutzfläche	ca. 1,4 Mio. kWh/a
Gaststätte	9.900 kWh/(Erwerbstätiger* ^a); bei 7 Erwerbstätigen	ca. 70.000 kWh/a
Bäckerei	12.500 kWh/(Erwerbstätiger* ^a); bei 4 Erwerbstätigen	ca. 50.000 kWh/a
Metzgerei	6.600 kWh/(Erwerbstätiger* ^a); bei 6 Erwerbstätigen	ca. 40.000 kWh/a
Wärmenetz (3.000 m)	Verlust Wärmeverteilung bezogen auf zugeführte Wärme ca. 15 % ^b	ca. 1 Mio. kWh/a
Gesamtwärmebedarf (inkl. Verlust Wärmenetz)		ca. 8 Mio. kWh/a

^a Blesl et al. 2009; TU München 2011; Kempe 2014

^b Vgl. Zielwerte in Pex (2012); C.A.R.M.E.N.

Tabelle 1 Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf im Fallbeispiel ländliches Wohn- und Gewerbegebiet

1.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Im Fallbeispiel wird zur Wärmebereitstellung eine Holzhackschnitzelfeuerung eingesetzt. In dem hier erforderlichen Leistungsbereich von 1,7 MW stehen Anlagen verschiedener

Hersteller zur Verfügung (siehe z.B. FNR 2017). 80 % der Wärmebereitstellung erfolgt über den Biomassekessel, 20 % tragen Spitzenlastkessel bei, die wünschenswerterwei-

se auch mit regenerativer Energie, z.B. Holzpellets, im Ausnahmefall ggf. mit Erdgas gefeuert werden.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/Jahr	Brennstoffbedarf
Holzhackschnitzelkessel (1,7 MW)	82 %	3.900 Stunden	ca. 2.400 t Holzhackschnitzel (Wassergehalt 30 %; entspricht ca. 8.200 m ³)
Spitzenlastkessel (Holzpellets, ggf. 2 x 2 MW Erdgas)	80 %	500 Stunden	ca. 420 t Holzpellets oder 205.000 m ³ Erdgas

Tabelle 2 Wärmeerzeugung im Fallbeispiel ländliches Wohn- und Gewerbegebiet

Zur Wärmeversorgung des Wohngebietes sind rund 2.400 t Holzhackschnitzel (Wassergehalt 30 %) erforderlich. Nach FNR (2014) fällt im Wald jährlich rund 1 t/ha Restholz an (bezogen auf 15 % Wassergehalt), das energetisch genutzt werden kann. In einem Bundesland mit 35 % Waldfläche wie z.B. Baden-Württemberg könnte der Holzbedarf im Fallbeispiel

somit (theoretisch) aus einem Einzugsgebiet von rund 50 km² gedeckt werden. Für den Spitzenlastkessel mit Holzpellets müssen weitere ca. 420 t Holzpellets bereitgestellt werden.

Der CO₂-Ausstoß fällt bei diesem Heizkonzept um rund 1.600 Tonnen pro Jahr

niedriger aus als bei einem Öl-Brennwertkessel (Daten auf Basis GEMIS-Version 4.94). Bei Einsatz eines Erdgas-Spitzenlastkessels können 170 t CO₂ pro Jahr eingespart werden. Der Pelletkessel bringt weitere substantielle CO₂-Einsparungen.

1.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHS- GEBUNDENE KOSTEN

Die Investitionskosten werden mit etwa 1,4 Mio. Euro für den Hackschnitzelkessel und Peripherie und 1 Mio. Euro für das Wärmenetz abgeschätzt (siehe Tab. 3). In der Summe liegen die Investitionskosten bei 2,4 Mio. Euro, woraus sich eine Annuität von rund 230.000 Euro ergibt (Abschreibung 15 Jahre; Zinssatz 5 %). Es wird davon ausgegangen, dass die fossilen Spitzenlastkessel bereits vorhanden sind und dafür keine zusätzlichen Investitionen anfallen. Wenn eine vorherige Heizöl-Wärmeversorgung auf Erdgas umgestellt werden soll, muss mit einer zusätzlichen Investition in Höhe von rund 350.000 Euro für die Erdgas-Spitzenlastkessel (spezifische Investitionskosten von 60 Euro/kW nach BMVBS (2012) zuzüglich Anbindung an das Erdgasnetz gerechnet werden. Für einen Holzpellet-Spitzenlastkessel müsste mit einer zusätzlichen

Investitionskosten	€
Bautechnik ^a	476.190
Maschinentechnik ^b	458.677
Elektro- und Leittechnik ^c	68.802
Nebenkosten ^d	238.095
Kosten für Unvorhergesehenes ^e	119.048
Kosten für Wärmeverteilung ^f	1.020.140
Gesamte Investitionskosten	2.380.951

^a 20 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
^b spezifische Kosten für Maschinentechnik: 250 €/kWth (FNR 2014); zusätzl. Kosten für Pufferspeicher (40 l/kW) (IER 2016)
^c 15 % der Kosten für Maschinentechnik (FNR 2014)
^d 10 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
^e 5 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
^f Annahme: 200 Euro/m Trasse (vgl. (C.A.R.M.E.N. o.J.)), zusätzl. Übergabestationen

Tabelle 3 Investitionskosten Holzhackschnitzelkessel, Wärmeleitung und Peripherie (exkl. MwSt.)

Investition in Höhe von 40.000 Euro für den Kessel gerechnet werden, zusätzlich wäre ein Pelletlager zu errichten.

Kostenposition	€/a
Brennstoffkosten Waldhackschnitzel ^a	170.429
Brennstoffkosten Erdgas ^c	88.827
Brennstoffkosten Holzpellets ^b	98.700
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^d	35.370
Kosten für Versicherung und Steuern ^e	11.905
Personalkosten ^f	5.200
Kosten für Betriebsmittel und Ascheentsorgung ^g	11.905
Summe	310.883

^a 72,5 €/t (35% WG); Jahresmittel 2016 nach (C.A.R.M.E.N. 2017), MwSt. abgezogen
^b 37,1 €/ 100 Liter Brennstoffkosten Heizöl; Jahresmittel August 2016 bis Juli 2017 nach (Tescon 2017), MwSt. abgezogen, Annahme, dass 20% Preisreduktion für Großabnehmer
^c 1,0 €/a für Bautechnik; 2,0 €/a für Maschinentechnik; 1,5 €/a für Elektro- und Leittechnik; 2,0 % für Nahwärmenetz (FNR 2014)
^d 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
^e Annahme mittlerer Stundenlohn von 25 Euro und 4 Stunden Arbeitszeit je Woche
^f 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
^g 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

Tabelle 4 Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)

Die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten umfassen die Kosten für Brennstoffe, Wartung/Instandhaltung, Personal, Versicherung und Ascheentsorgung. Sie werden mit rund 311.000 Euro pro Jahr kalkuliert (siehe Tab. 4). Bei mittleren Brennstoffkosten in Höhe von 72,5 Euro/t (vgl. C.A.R.M.E.N. 2017) entfällt der größte Anteil (etwa 170.000 Euro) auf die Waldhackschnitzel.



1.3 WÄRMEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

Die Summe der Kapitalkosten, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten beträgt rund 540.000 Euro im Jahr. Auf die Kapitalkosten entfällt ein Anteil von 42 %, auf die verbrauchsgebundenen Kosten ein Anteil von 46 % und auf die betriebsgebundenen Kosten 12 %. Abbildung 1 zeigt die prozentuale Aufteilung auf die einzelnen Kostenbestandteile. Die größten Anteile entfallen auf die Brennstoff- und die Kapitalkosten aus der Wärmeverteilung. Auf Basis der getroffenen Annahmen resultieren Wärmegestehungskosten (inkl. Wärmeverteilung) in Höhe von 7,8 ct/kWh. Etwaige Förderoptionen (z. B. KfW-Förderung) sind in der Kalkulation nicht berücksichtigt.

Die Parametervariation (vgl. Abb. 2) zeigt den starken Einfluss der Investitionskosten (inkl. Wärmenetz) sowie der Holzbrennstoffkosten auf das Gesamtergebnis.

Jährliche Kosten am Beispiel der Wärmeversorgung

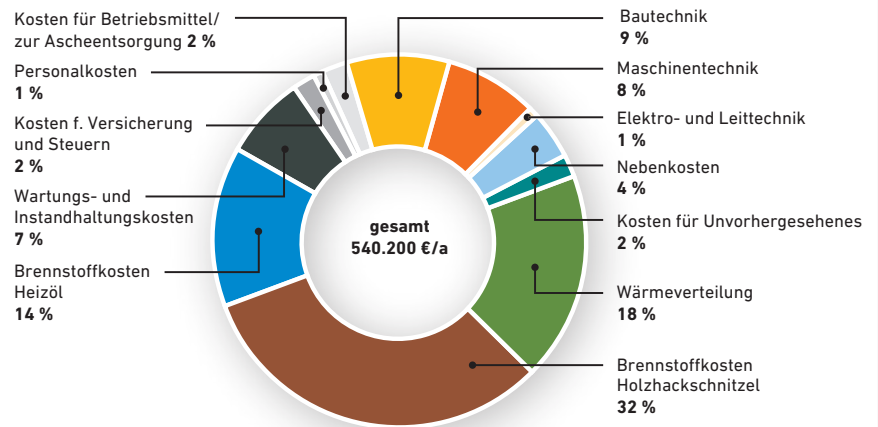


Abb.1 Jährliche Kosten am Beispiel der Wärmeversorgung eines ländlichen Wohn- und Gewerbegebietes über ein Holzheizwerk



Variation der Kostenparameter für die Wärmeversorgung

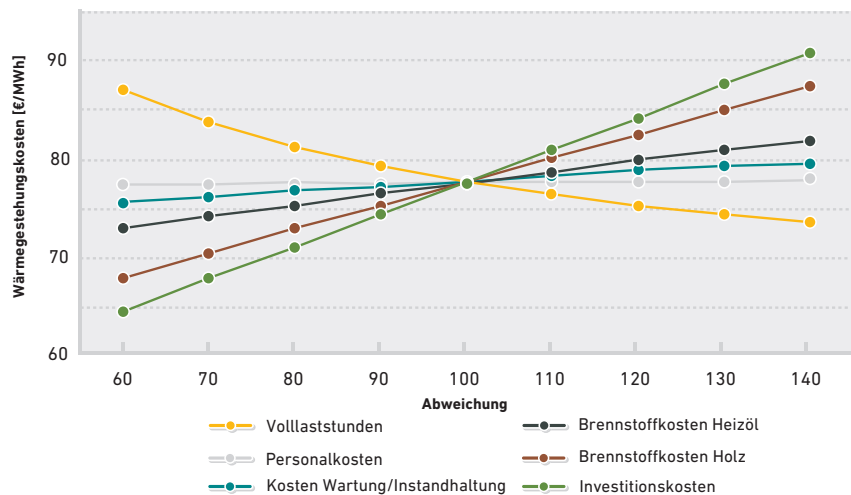


Abb. 2 Variation der Kostenparameter für die Wärmeversorgung eines ländlichen Wohn- und Gewerbegebiets über ein Holzheizwerk

2 WÄRMEVERSORGUNG EINES STÄDTISCHEN WOHNGBIETES ÜBER EIN HOLZHEIZKRAFTWERK (ORC)

Eine Nahwärme- und Stromversorgung für größere städtische Wohngebiete kann über ein Holzheizkraftwerk mit ORC-Modul erfolgreich umgesetzt werden, wie das Beispiel Scharnhäuser Park in Baden-Württemberg zeigt. Dabei wird das Holzheizkraftwerk wärmegeführt betrieben. Nachfolgenden Berechnungen wird exemplarisch ein städtisches

Wohngebiet zugrunde gelegt, das sich zusammensetzt aus Reihenhäusern (75 % der Fläche), einer Einfamilien- und Doppelhaussiedlung (15 % der Fläche), Mehrfamilienhäusern (5 % der Fläche) und einem Stadtkern (5 % der Fläche). Alle Gebäude sind über ein Nahwärmenetz an das Holzheizkraftwerk angeschlossen.

Der für die Berechnung herangezogene Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf bezieht sich auf bereits gedämmte Bestandsgebäude (siehe Tab. 5). Im Fall von Neubauten nach EnEV 2014/2016-Standard ist von einem z.T. deutlich geringeren Heizwärmebedarf auszugehen.

Objekte / Wärmenetz	Wärmebedarfe / Verluste	Summen
Städtisches Zentrum (80 Gebäude)	ca. 115 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf für Heiz- und Brauchwasser bei 200 m ² Nutzfläche je Gebäude;	ca. 1,8 Mio. kWh/a
Einfamilien- und Doppelhaussiedlung (190 Gebäude)	ca. 82 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 250 m ² Nutzfläche	ca. 3,9 Mio. kWh/a
Reihenhaussiedlung (1.400 Gebäude)	ca. 70 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 250 m ² Nutzfläche je Gebäude ^a	ca. 24,5 Mio. kWh/a
Kleine Mehrfamilienhäuser (80 Gebäude)	ca. 75 kWh/(m ² *a) Wärmebedarf bei 600 m ² Nutzfläche je Gebäude	ca. 3,6 Mio. kWh/a
Wärmenetz (10 km)	ca. 10 % Verlust Wärmeverteilung bezogen auf zugeführte Wärme ^b	ca. 3,4 Mio. kWh/a
Gesamtwärmebedarf (inkl. Verlust Wärmenetz)		ca. 37 Mio. kWh/a

^a Blesl et al. 2009; TU München 2011; Kempe 2014

^b Vgl. Zielwerte in Pex (2012); C.A.R.M.E.N.

Die Wärmebedarfsdichte (durchschnittliche jährliche Wärmeabnahme im Verhältnis zur Länge der Wärmetrasse) (siehe C.A.R.M.E.N. o.J.) liegt mit 3.400 kWh/(m*a) deutlich über dem für eine etwaige KfW-Förderung erforderlichen Mindestwärmeabsatz von 500 kWh je Jahr und Meter Trasse (siehe KfW-Programm Erneuerbare Energien „Premium“, Stand 08/2016). So können ggf. Fördermaßnahmen in Anspruch genommen werden.

Tabelle 5 Wärmeerzeugung im Fallbeispiel städtisches Wohngebiet

2.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Die Feuerungsnennwärmeleistung der Anlage wird mit 8 MW angenommen. Die Thermoöl-Nennleistung beträgt 6,8 MW, die Warmwasser-Nennleistung im ORC-Betrieb 5,3 MW und die elektrische Leistung 1 MW (siehe FNR

2014). Die Anlage wird wärmegeführt betrieben. Weiterhin stehen zwei Erdgas-Spitzenlastkessel zur Abdeckung von Bedarfsspitzen bereit. 70 % des Wärmebedarfs werden über das Holzheizkraftwerk und 30 %

über die Spitzenlastkessel gedeckt. Über das ORC-Modul wird zudem Strom erzeugt. Unter den hier getroffenen Annahmen beträgt die Stromerzeugung rund 5 Mio. kWh pro Jahr.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/Jahr	Jährlicher Brennstoffbedarf
Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk (Nennleistung 8 MW), ORC-Modul (5,3 MWth; 1 MWel)	Biomassefeuerung 78 %	4.900 Stunden	Ca. 13.000 t Holzhackschnitzel (Wassergehalt 30 %; ca. 55.000 m ³)
Fossile Spitzenlastkessel (Erdgas) (1x 5 MW und 1x 9 MW)	85 %	790 Stunden	ca. 1,3 Mio. m ³ Erdgas

Tabelle 6 Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf im Fallbeispiel ländliches Wohn- und Gewerbegebiet

Für den Betrieb der Anlage werden jährlich 13.000 Tonnen Holzhackschnitzel benötigt, die als Waldrestholz bzw. Holz aus der Landschaftspflege bereitgestellt werden können. Je nach verfügbaren Holz Mengen vor Ort ist

mit Transportentfernungen für Holzlieferungen von bis zu 100 km zu rechnen. Über ggf. längerfristige Holzlieferverträge sind die Holzlieferungen und die erforderliche Qualität des angelieferten Materials sicherzu-

stellen. Im Vergleich zu einer Wärmeversorgung mit ausschließlich fossilen Brennstoffen können rund 5.400 t CO₂ pro Jahr eingespart werden (Daten auf Basis GEMIS-Version 4.94).

2.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHSGEBUNDENE KOSTEN

Die Investitionskosten werden mit insgesamt rund 10,5 Mio. Euro abgeschätzt, wovon 4 Mio. Euro auf die Wärmeverteilung entfallen (siehe Tab. 7). Hieraus ergibt sich eine Annuität in Höhe von 1 Mio. Euro pro Jahr

(Kalkulationsgrundlage 15 Jahre; Zinssatz 5 %). Es ist darauf hinzuweisen, dass die Kostenabschätzungen nur pauschal erfolgen können. Anlagen dieser Größenordnung werden individuell geplant, so dass jeweils mit

spezifischen Kosten- und Investitionsdaten zu rechnen ist. Weiterhin sind etwaige Fördermöglichkeiten zu prüfen.

Investitionskosten	€
Bautechnik inkl. Nebenkosten	1.710.902
Maschinentechnik, Elektro- und Leittechnik	2.444.146
Zusätzlich ORC-Modul	1.917.300
Kosten für Unvorhergesehenes ^a	498.723
Kosten für Wärmeverteilung ^b	3.902.120
Gesamte Investitionskosten	10.473.192

^a 5 % der gesamten Investitionskosten (inkl. Wärmenetz)

^b Annahme: 400 €/m für Haupttrasse und 300 €/m für Unterverteilung, inkl. Übergabestationen (vgl. auch C.A.R.M.E.N. o.J.)

Tabelle 7 Investitionskosten für ein Holzhackschnittelheizkraftwerk mit ORC-Modul (exkl. MwSt.)

Kostenposition	€/a
Brennstoffkosten Holzhackschnittel ^a	947.950
Brennstoffkosten Erdgas ^b	574.768
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^c	144.034
Kosten für Versicherung und Steuern ^d	52.366
Personalkosten ^e	200.000
Kosten f. Betriebsmittel sowie zur Ascheentsorgung ^f	32.855
Summe	1.951.974

^a 72,5 €/t (35 % Wassergehalt); Jahresmittel 2016 nach (C.A.R.M.E.N. 2017), MwSt. abgezogen

^b 4,44 ct/kWh (Jahr 2015, Mittelwert für Haushalte und Industrie nach BMWi 2017)

^c 1,0 %/a für Bautechnik; 2,0 %/a für Maschinentechnik; 1,5 %/a für Elektro- und Leittechnik; 2,0 % für Nahwärmenetz (FNR 2014)

^d 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

^e Annahme 5 Personen à 40.000 €/a

^f 0,5%/a der gesamten Investitionskosten (ohne Wärmenetz)

Tabelle 8 Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten für ein Holzhackschnittelheizkraftwerk mit ORC-Modul (exkl. MwSt.)

Die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten umfassen die Kosten für Brennstoffe, Wartung/Instandhaltung, Personal, Versicherung und Ascheentsorgung. Die Kosten für den Brennstoff Holz werden mit 72,5 Euro je

Tonne veranschlagt (vgl. C.A.R.M.E.N. 2017). Hieraus resultieren jährliche Holzbrennstoffkosten in Höhe von rund 950.000 Euro. Insgesamt werden die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten mit ca. 1,95 Mio.

Euro pro Jahr kalkuliert (siehe Tab. 8). Es wird davon ausgegangen, dass die fossilen Spitzenlastkessel bereits vorhanden sind und daher keine zusätzlichen Investitionen anfallen.



2.3 ENERGIEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

Aus diesen Annahmen resultieren Wärmegestehungskosten in Höhe von 8,2 ct/kWh. Darin berücksichtigt sind die Kosten für das Wärmenetz sowie Stromerlöse in Höhe von 3,3 ct/kWh (konservative Annahme). Je nach Abnehmer bzw. Geschäftsmodell kann mit höheren Strompreisen und Erlösen gerechnet werden. Eine Verdopplung der Stromerlöse auf 6,6 ct/kWh reduziert die Wärmegestehungskosten auf etwa 7,7 ct/kWh, eine Verdreifachung der Stromerlöse (9,9 ct/kWh) senkt die Wärmegestehungskosten auf rund 7,2 ct/kWh. Für die Kostenbetrachtungen wurden keine Fördermittel berücksichtigt.

Abbildung 3 zeigt die prozentuale Aufteilung der jährlichen Gesamtkosten von rund 3 Mio. Euro auf die einzelnen Kostenbestandteile.

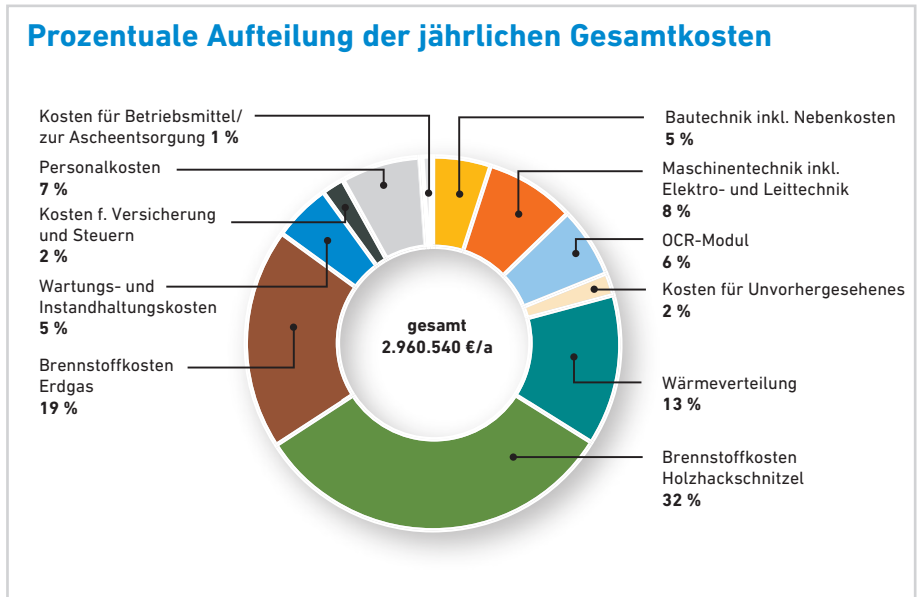


Abb. 3 Aufteilung der jährlichen Kosten im Fallbeispiel Wärmeversorgung eines städtischen Wohngebietes über ein ORC-Holzheizkraftwerk

Einfluss der Brennstoffkosten, der Investitionskosten sowie der erzielbaren Stromerlöse auf die Wärmegestehungskosten

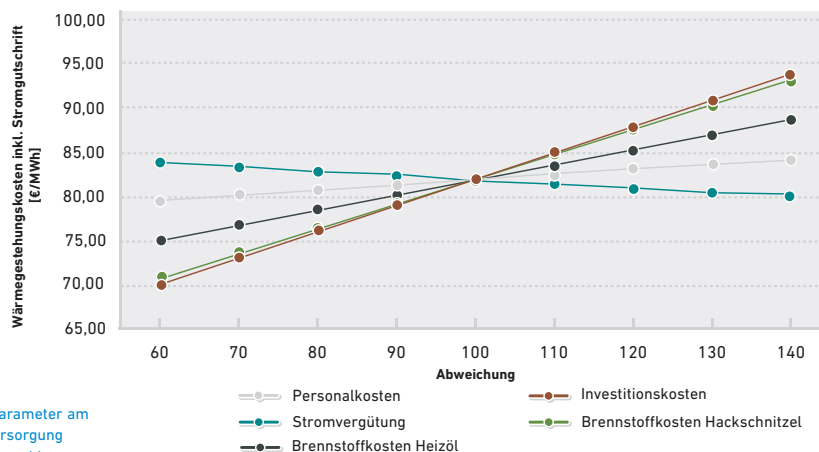


Abb. 4 Variation der Kostenparameter am Beispiel der Wärmeversorgung eines städtischen Wohngebietes



3 Quellen

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE):
RENEWS SPEZIAL 76 – Erneuerbare Wärme.
Berlin, 2015.

AEE: RENEWS SPEZIAL 79 – Die kommunale
Wärmeplanung. Berlin, 2016.

AEE: RENEWS SPEZIAL 81 – Biogene Rest- und
Abfallstoffe. Berlin, 2017.

AEE: RENEWS SPEZIAL 82 Holzenergie in
Deutschland. Berlin, 2017.

Blesl, M.; Kempe, S.; Ohl, M.; Fahl, U.; König, A.;
Jenssen, T.; Eltrop, L.: Wärmetlas Baden-
Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und
Umsetzung für Modellregionen. Endbericht.
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
Stuttgart, 2009.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung (BMVBS): Ermittlung von
spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-,
Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnik-
ausführungen bei Nichtwohngebäuden für die
Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV
2012. BMVBS-Online-Publikation, Nr. 08/2012.
Berlin, 2012.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
(BMWi): Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand
Mai 2017. Berlin, 2017. Online verfügbar unter
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>,
zuletzt geprüft am 2.8.2017.

C.A.R.M.E.N.: Nahwärmenetze und
Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten
Wärmenutzung und zum Klimaschutz.

C.A.R.M.E.N. Merkblatt. Straubing, o.J. Online
verfügbar unter https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/merkblatt_Nahwaermenetz_carmen_ev.pdf,
zuletzt geprüft am 2.8.2017



C.A.R.M.E.N.: Präsentation auf der Fachtagung:
„Wärme aus Biomasse – Stand der Technik und
Perspektiven“. Landwirtschaftszentrum Haus
Düsse, 2012.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
(FNR): Leitfaden Feste Biobrennstoffe, 4. voll-
ständig überarbeitete Auflage. Gülzow, 2014.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
(FNR): Hackschnitzelheizungen. Marktüber-
sicht, 5. aktualisierte Auflage. Gülzow, 2017.

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER): Heizkostenvergleich.
Interne Datensammlung für die Ausarbeitung
des Heizkostenvergleichs für Wohn- und
Nichtwohngebäude, Universität Stuttgart.
Stuttgart, 2016.

Kempe, Stephan: Räumlich detaillierte
Potentialanalyse der Fernwärmeversorgung in
Deutschland mit einem hoch aufgelösten
Energiesystemmodell. Dissertation.
Forschungsbericht. Band 119. Institut für
Energiewirtschaft und Rationelle Energie-
anwendung (IER), Universität Stuttgart.
Stuttgart, 2014.

Pex, Bernhard: Nahwärmenetze und
Heizwerke – Erfolgsfaktoren und Erfahrungen,
Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, 2012.
Tecson: Heizölpreise. Online verfügbar unter
<https://www.tecson.de/pheizoel.html>, zuletzt
geprüft am 14.8.2017.

TU München: Leitfaden Energienutzungsplan.
Hg. v. Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit (StMUG), Bayerisches
Staatsministerium für Wirtschaft,
Infrastruktur, Verkehr und Technologie
(StMWIVT) und Oberste Baubehörde (OBB).
München, 2011.

C.A.R.M.E.N. (o.J.): Nahwärmenetze und
Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten
Wärmenutzung und zum Klimaschutz.

C.A.R.M.E.N. Merkblatt. Online verfügbar unter
https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/merkblatt_Nahwaermenetz_carmen_ev.pdf,
zuletzt geprüft am 2.08.2017.

C.A.R.M.E.N.: Preisindizes für Holzbrennstoffe.
Jahresmittelwerte und Graphiken. Straubing,
2017. Online verfügbar unter
<https://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes>,
zuletzt geprüft am 2.8.2017.

Impressum

Agentur für Erneuerbare Energien
Invalidenstraße 91
10115 Berlin
Telefon.: +49/30 200535 30
kontakt@unendlich-viel-energie.de
www.unendlich-viel-energie.de

Redaktion
Benjamin Dannemann, Ludger Eltrop

Vi.S.d.P.
Nils Boenigk (kommissarischer Geschäftsführer)

Stand
Oktober 2018

Bildnachweis
© shutterstock
© gettyimages

Layout
Zitrusblau.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.