

WÄRMEWENDE FÜR KOMMUNALE LIEGENSCHAFTEN

WIE STÄDTE UND GEMEINDEN DEN KLIMASCHUTZ IN DIE KOMMUNALEN GEBÄUDE BRINGEN KÖNNEN

Ein großer Teil der Treibhausgasemissionen in Deutschland liegt direkt oder indirekt im Wirkungsbereich der Kommunen. Mit der kommunalen Wärmeplanung verfügen sie über einen wirksamen Hebel, um die Energiewende im Heizungskeller und damit den Klimaschutz voranzubringen. Sie spielen bei der Wärmewende eine Doppelrolle als aktive Gestalter der Energieversorgung sowie als Mediatoren und Multiplikatoren zwischen der großen Vielfalt an beteiligten Akteuren. Sie sind oft zugleich Grundstückseigentümer für Netze und Anlagen, Energieabnehmer vor Ort sowie Gestalter der kommunalen Planungsinstrumente. Außerdem kann die Kommune durch ihr eigenes Handeln beim Klimaschutz eine Vorbildrolle einnehmen. Die älteste und einfachste Art der Nutzung von Biomasse ist die Verbrennung von Holz. Diese gilt als klimaneutral, weil dabei nur so viel CO₂ emittiert wird, wie die Pflanze während ihrer Wachstumsphase gebunden hat und beim natürlichen Abbau der abgestorbenen Pflanze auch wieder freisetzen würde. Im Wärmebereich ist deshalb der biogene Festbrennstoff Holz die wichtigste regenerative Ressource. Der vorliegende Leitfaden zeigt anhand Beispielrechnungen zur Umrüstung alter Heizungen durch Pellet- und Strohheizungen, dass die Wärmewende in kommunalen Liegenschaften schon heute möglich und wirtschaftlich darstellbar ist.



1 WÄRMEVERSORGUNG ÜBER EIN PELLETHEIZWERK

Pelletfeuerungen stellen eine etablierte Technologie zur effizienten Wärmeversorgung von Gebäuden dar. Auch im Leistungsbereich über 300 kW stehen Pelletfeuerungen verschiedener Anbieter zur Verfügung und können für die Wärmeversorgung größerer Objekte bzw.

Versorgungseinheiten eingesetzt werden (vgl. (FNR 2013)). Nachfolgend wird beispielhaft eine kommunale Liegenschaft betrachtet, die in enger räumlicher Nähe zentral über eine Pelletfeuerung und ein angeschlossenes Wärmenetz mit Wärme versorgt wird. Die Liegenschaft setzt sich

zusammen aus einem Schulkomplex (700 Schüler) mit angebotenen Sporthallen, einem Rathaus, einer Stadthalle sowie einem Freibad, das temporär während der Sommersaison beheizt wird.

Wärmeversorgung einer kommunalen Liegenschaft

Objekte / Wärmenetz	Wärmebedarfe / Verluste	Summen	Quellen
Schule (700 Schüler)	Spezif. Heizwärmebedarf: 445 kWh/(Schüler*a) Brauchwasserwärmebedarf: 18 kWh/(Schüler*a)	rd. 325 MWh/a	(Blesl et al. 2009)
Sporthalle (3-Feldhalle; 1.215 m ² Hallenfläche)	Spezif. Heizwärmebedarf: 138 kWh/(m ² *a); Brauchwasserwärmebedarf: 111 kWh/(m ² *a)	rd. 300 MWh/a	(Härdtlein et al. 2016)
Stadthalle (750 m ² Nutzfläche)	Spezif. Heizwärmebedarf: 91 kWh/(m ² *a); Brauchwasserwärmebedarf: 8 kWh/(m ^V *a)	rd. 75 MWh/a	(Blesl et al. 2009)
Rathaus (1.400 m ² Nutzfläche)	Spezif. Heizwärmebedarf: 91 kWh/(m ^V *a); Brauchwasserwärmebedarf: 8 kWh/(m ^V *a)	rd. 140 MWh/a	(Blesl et al. 2009)
Freibad (1.275 m ² Wasserfläche)	0,725 kW/m ^V ; Annahme: 1.256 Stunden Betrieb pro Jahr	rd. 1.160 MWh/a	(Saunus 1998)
Wärmenetz (800 m)	Verlust Wärmeverteilung bezogen auf zugeführte Wärme	rd. 15 %	Vgl. Zielwerte in (Pex 2012); (C.A.R.M.E.N. o.J.)
Gesamtwärmebedarf (inkl. Verlust Wärmenetz)		rd. 2.360 MWh/a	

Aufgrund der engen räumlichen Lage der Gebäude zueinander wird von einer Länge des Wärmenetzes von 800 m ausgegangen. Hieraus resultiert eine Wärmebedarfsdichte von 2,5 MWh/(m*a). Sie setzt die durchschnittliche

jährliche Wärmeabnahme zur Länge der Wärmetrasse ins Verhältnis und liegt über dem von (C.A.R.M.E.N. o.J.) vorgegebenen Zielwert von 1,5 MWh/(a*a). Der für eine etwaige KfW-Förderung gesetzte Mindestwärmeabsatz von

500 kWh je Jahr und Meter Trasse (siehe KfW Programm Erneuerbare Energien „Premium“, Stand 08/2016) wird eingehalten. So können Fördermaßnahmen ggf. in Anspruch genommen werden.

1.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Zur Wärmeversorgung mit Biomasse in dem hier erforderlichen Leistungsbereich von 600 kW sind Pelletkessel am Markt verfügbar (vgl. (FNR 2013)). Insgesamt ergeben sich die in der Tabelle

genannten technischen Eckdaten. Grundsätzlich ist zu prüfen, ob anstelle eines Pelletkessels mit 600 kW zwei Kessel installiert werden, so dass gerade im Sommerhalbjahr nur ein Kessel

betrieben werden kann. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass Erdölkessel bereits vorhanden sind und als Spitzenlastkessel in das Konzept mit eingebunden werden.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/Jahr	Brennstoffbedarf
Pelletkessel (600 kW)	81 %	3.000 Stunden ¹	rd. 437 Tonnen Pellet pro Jahr
Fossile Reservelastkessel Heizöl (2* 600 kW)	82 %	500 Stunden	rd. 74.000 Liter Heizöl

¹ siehe auch (Hiendlmeier 2013) und (Hiendlmeier 2016)

Insgesamt sind für vorliegendes Beispiel zur Wärmeversorgung jährlich rund 437 Tonnen Holzpellets erforderlich. Geht man davon aus, dass ein Pellet-Tankwagen mit rund 25 Tonnen Pellets befüllt werden kann, so entspricht dies

rund 18 Pelletlieferungen pro Jahr. Für die Pelletlagerung stehen verschiedene Optionen im Gebäude, außerhalb oder als unterirdische Erdlager zur Verfügung. Insgesamt können über dieses Konzept im

Vergleich zu einem Öl-Brennwertkessel als Heiztechnologie rund 420 t CO₂-Äquivalente-missionen pro Jahr eingespart werden (Daten auf Basis GEMIS-Version 4.94).



1.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHSGEBUNDENE KOSTEN

Die Investitionskosten werden mit rund 317.000 Euro für die Pelletfeuerung mit Peripherie und Lagerung und zusätzlich rund 260.000 Euro für das Wärmenetz abgeschätzt (siehe untenstehende Tabelle). In der Summe betragen die Investitionskosten damit rund 577.000 Euro. Hieraus ergibt sich eine Annuität in Höhe von rund 56.000 Euro (Abschreibung 15 Jahre; Zinssatz 5 %). Es wird davon ausgegangen, dass die fossilen Spitzenlastkessel bereits vorhanden sind und daher keine zusätzlichen Investitionen anfallen.

Kostenposition	€/a
Brennstoffkosten Pellet ^a	90.872
Brennstoffkosten Heizöl ^b	27.387
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^c	8.551
Kosten für Versicherung und Steuern ^d	2.888
Personalkosten ^e	2.600
Kosten für Betriebsmittel sowie zur Ascheentsorgung ^f	2.888
Summe	135.186

^a 41,6 Euro/MWh (Mittelwert für das Jahr 2016, 20 Tonnen Lieferung; 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; 1,57 %/a für Elektro- und Leittechnik; 2,07 % für Nahwärmenetz (FNR 2014)

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

^e Annahme mittlerer Stundenlohn von 25 Euro und 2 Stunden Arbeitszeit je Woche

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

1.3 WÄRMEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

Sie Summe aus jährlichen Kapitalkosten, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten beträgt damit rund 190.000 Euro.

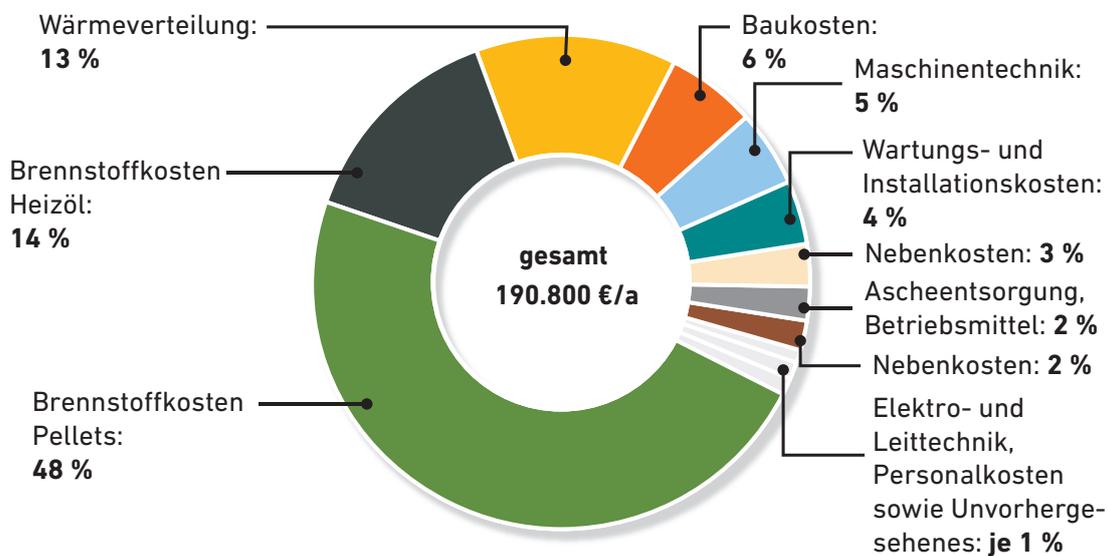
Die unten stehende Abbildung zeigt die prozentuale Aufteilung der jährlichen Kosten auf die einzelnen Kostenparameter. Insgesamt nehmen

die kapitalgebundenen Kosten einen Anteil von 29 %, die verbrauchsgebundenen Kosten einen Anteil von 62 % und die betriebsgebundenen Kosten einen Anteil von 9 % ein. Der hohe Anteil der verbrauchsgebundenen Kosten an den jährlichen Gesamtkosten ist v.a. den Kosten für

Pellets geschuldet.

Aus obigen Annahmen resultieren Wärmege-
stehungskosten in Höhe von 95,4 Euro/MWh
(inkl. Wärmeverteilung, exkl. MwSt.). Etwaige
Förderungen sind in den Kalkulationen nicht
berücksichtigt.

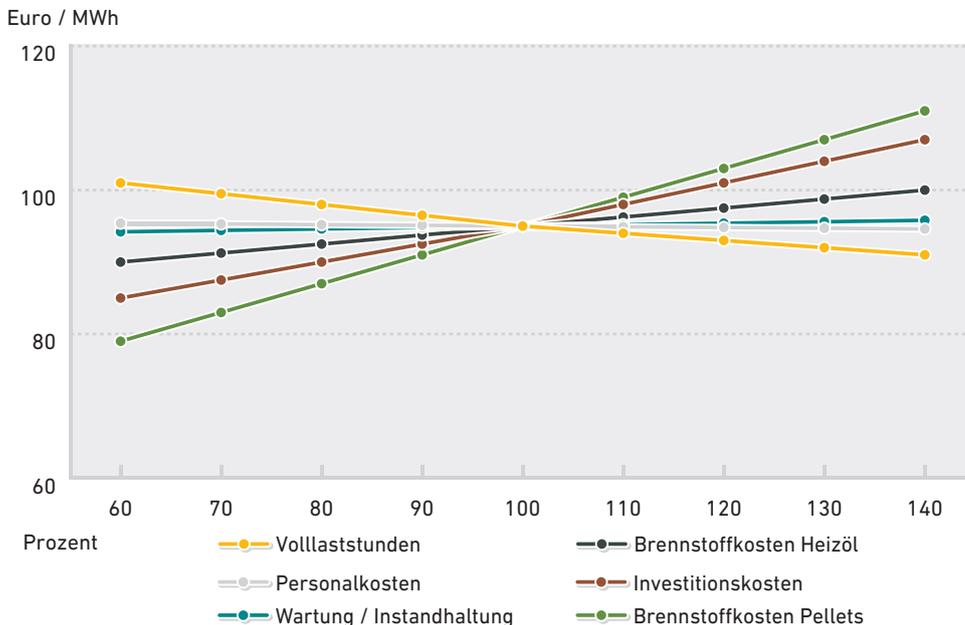
Jährliche Kosten zur Wärmeversorgung einer kommunalen Liegenschaft über ein Pelletheizwerk



Die Parametervariation zeigt deutlich den starken Einfluss der Höhe der Kosten für Pellets

sowie der Investitionskosten und der Volllaststunden auf das Gesamtergebnis.

Parametervariation der Wärmege- stehungskosten bei der Wärmeversorgung über ein Pelletheizwerk



2 WÄRMEVERSORGUNG ÜBER EIN STROHHEIZWERK

Stroh als Ernterückstand von Getreideanbauflächen kann für eine regenerative Energieerzeugung eingesetzt werden. Ein Teil des Strohs muss jedoch – insbesondere zur Aufrechterhaltung der Humusbilanz – auf den

Anbauflächen verbleiben. Nach (Zeller et al. 2011) können standortabhängig und je nach zugrunde gelegter Humus-Bilanzmethode durchschnittlich rund 30 bis 40 % der aufgewachsenen Strohmengen genutzt werden ohne

die Nachhaltigkeit einzuschränken. Nachfolgend wird beispielhaft dieselbe kommunale Liegenschaft betrachtet, wie auch im Rahmen des Pelletheizwerks.



2.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Zur Wärmeversorgung mit Biomasse in dem hier erforderlichen Leistungsbereich (600 kW) sind automatisch beschickte Strohfeuerungen für Quader- und Rundballen am Markt verfügbar. Die Feuerungsanlagen müssen die beson-

deren technischen Anforderungen berücksichtigen, die sich durch Stroh als Brennstoff z. B. in Hinblick auf die Gefahr der Verschlackung des Brennraums ergeben. In nachfolgender Tabelle sind die technischen Eckdaten dargestellt.

Es wird davon ausgegangen, dass Heizölkessel vor Ort vorhanden sind, die als Spitzenlastkessel zur Verfügung stehen.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/Jahr	Brennstoffbedarf
Strohkessel (600 kW)	80 %	3.000 Stunden	rd. 570 Tonnen Stroh pro Jahr ²
Fossiler Reserverlastkessel (2* 500 kW)			

¹ vgl. (Hiendlmeier 2013); (Hiendlmeier 2016)

² entspricht Strohnutzung von rd. 230 Hektar Getreide-Anbaufläche bei angenommener Nutzung von 2,5 Tonnen Stroh je Hektar

Insgesamt sind für vorliegendes Beispiel zur Wärmeversorgung jährlich rund 570 Tonnen Stroh erforderlich. Dies entspricht rund 230 Hektar Getreideanbauflächen, wenn man mit einem Strohertrag von 5 t/(ha*a) und mit einer

Nutzung von 50 % des Strohertrags, d.h. 2,5 t/(ha*a), kalkuliert. Umgerechnet entspricht dies einem Einzugsgebiet von rund 10 km² und Transportentfernungen von rund 2 bis 3 km. Insgesamt können über dieses Konzept im

Vergleich zu einem Öl-Brennwertkessel als Heiztechnologie rund 430 t CO₂-Äquivalentemissionen pro Jahr eingespart werden (Daten auf Basis GEMIS-Version 4.94).

2.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHSGEBUNDENE KOSTEN

Die Investitionskosten wurden mit rund 740.000 Euro für die Strohfeuerung mit Peripherie und zusätzlich rund 260.000 Euro für das Wärmenetz abgeschätzt (siehe untenstehende

Tabelle). In der Summe betragen die Investitionskosten damit rund 1 Mio. Euro. Hieraus ergibt sich eine Annuität in Höhe von rund 96.000 Euro (Abschreibung 15 Jahre;

Zinssatz 5 %). Es wird davon ausgegangen, dass die fossilen Spitzenlastkessel bereits vorhanden sind und daher keine zusätzlichen Investitionen anfallen.

Investitionskosten	€
Bautechnik ^a	199.940
Maschinentechnik, Elektro- und Leittechnik, Speicher ^b	389.631
Nebenkosten ^c	99.970
Kosten für Unvorhergesehenes ^d	49.985
Kosten für Wärmeverteilung ^e	260.175
gesamte Investitionskosten	999.702

Tabelle Übersicht über Investitionskosten Strohheizwerk (exkl. MwSt.)

^a 20 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

^b spezifische Kosten für Maschinentechnik, u.a. inkl. Elektroinstallation: 630 €/kW (exkl. MwSt.) (vgl. (BIOBETH 2011) und (FNR 2014)); zusätzlich Kosten für Pufferspeicher (30 l/kW) nach (IER 2016)

^c 10 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

^d 5 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

^e Annahme: 350 €/m für Haupttrasse und 300 €/m für Unterverteilung, inkl. Übergabestationen (vgl. auch (C.A.R.M.E.N. o.J.)

Die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten umfassen die Kosten für Stroh und Heizöl (Spitzenlastbetrieb), Wartung/Instandhaltung, Personal, Versicherung und Ascheentsorgung

und werden mit rund 100.500 Euro pro Jahr kalkuliert (siehe untenstehende Tabelle). Die Kosten für Stroh und Heizöl nehmen den größten Anteil ein. Die Kosten für Stroh wurden auf

Basis von (FNR 2014) kalkuliert und beinhalten Kosten für Ernte, Bergung, Transport und Lagerung sowie den Nährstoffwert.

Kostenposition	€/a
Brennstoffkosten Stroh ^a	42.986
Brennstoffkosten Heizöl ^b	27.387
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^c	14.996
Kosten für Versicherung und Steuern ^d	4.999
Personalkosten ^e	5.200
Kosten für Betriebsmittel sowie zur Ascheentsorgung ^f	4.999
Summe	100.565

Tabelle Übersicht über betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)

^a 75,4 €/t (15% WG) (auf Basis Brennstoffkosten Getreidestroh, (FNR 2014))

^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)

2.3 WÄRMEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

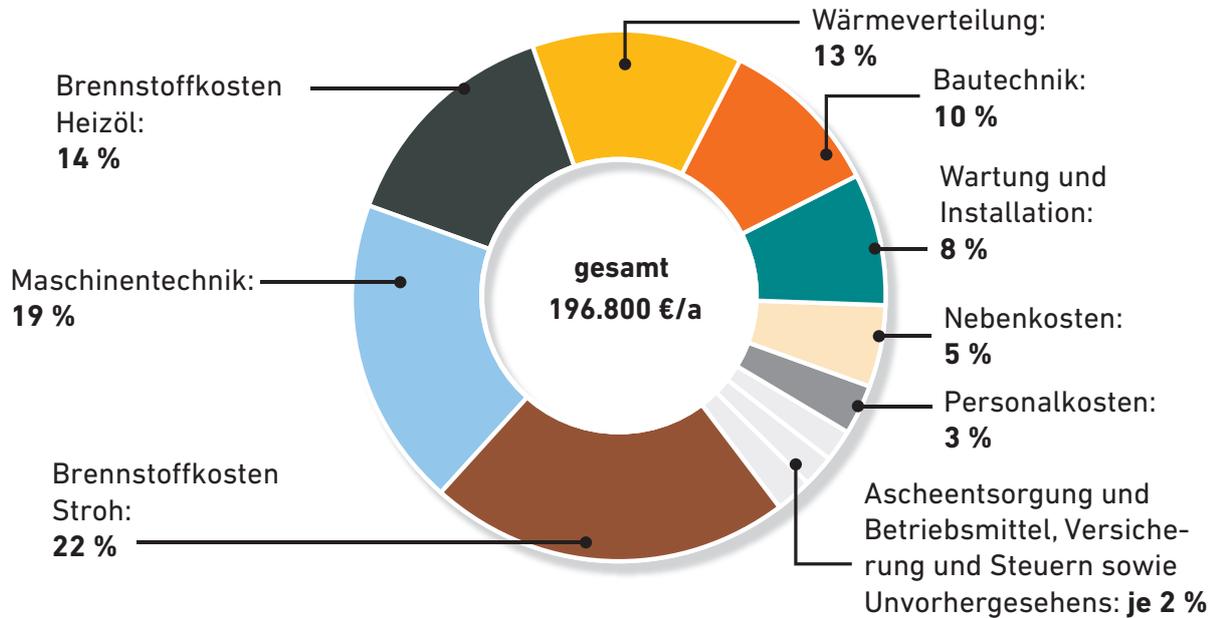
Sie Summe aus jährlichen Kapitalkosten und betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten beträgt damit knapp 197.000 Euro.

Die unten stehende Abbildung zeigt die prozentuale Aufteilung der jährlichen Kosten auf die einzelnen Kostenparameter. Insgesamt nehmen die kapitalgebundenen Kosten einen Anteil von

49 %, die verbrauchsgebundenen Kosten einen Anteil von 36 % und die betriebsgebundenen Kosten einen Anteil von 15 % ein. Der hohe Anteil der kapitalgebundenen Kosten an den jährlichen Gesamtkosten ist insbesondere den vergleichsweise hohen Investitionskosten der Strohfeuerung geschuldet.

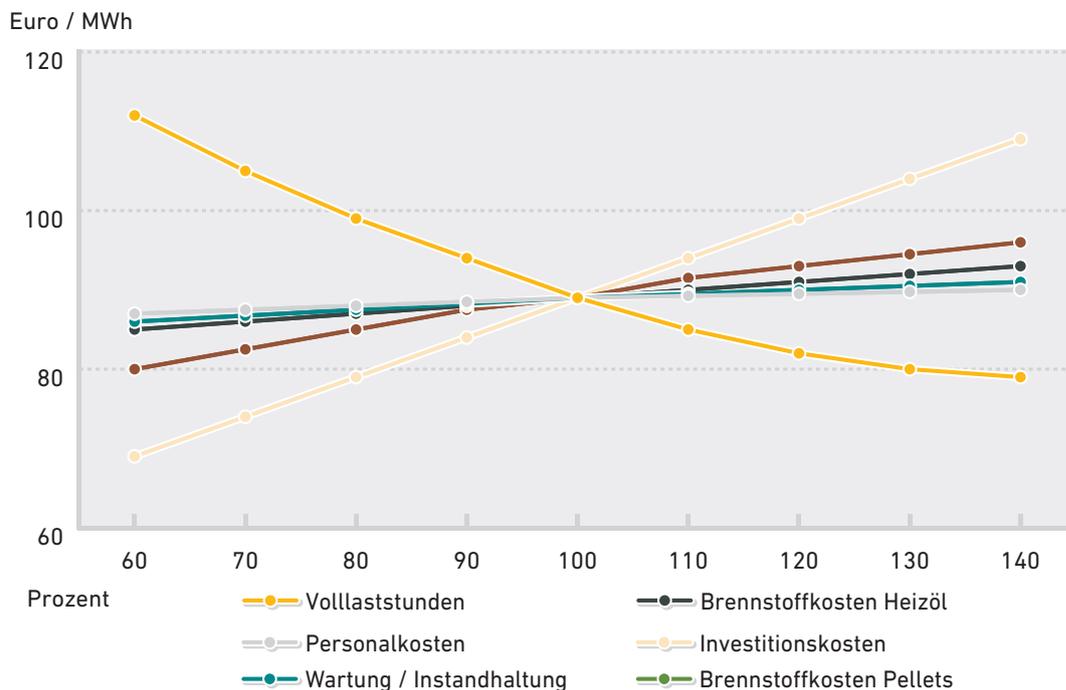
Aus obigen Annahmen resultieren Wärmegestehungskosten in Höhe von 98,4 Euro/MWh (inkl. Wärmeverteilung, exkl. MwSt.). Etwaige Förderungen sind in den Kalkulationen nicht berücksichtigt.

Jährliche Kosten zur Wärmeversorgung einer kommunalen Liegenschaft über ein Strohheizwerk



Die Parametervariation zeigt deutlich den starken Einfluss der Volllaststunden sowie der Höhe der Investitionskosten auf das Gesamtergebnis.

Parametervariation der Wärmegestehungskosten bei der Wärmeversorgung über ein Strohheizwerk





3 Quellen

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

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

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

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

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

BIOBETH (2011): Energetische Nutzung von Stroh im Saale-Holzland-Kreis. Studie im Auftrag der Bioenergieregionen Jena/Saale-Holzland. BIOenergieBERatung Thüringen. Jena.

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_Nahwaermetz_carmen_ev.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

C.A.R.M.E.N. (2017): Preisindizes für Holzbrennstoffe. Jahresmittelwerte und Graphiken. Online verfügbar unter <https://www.carmen-ev.de/infotek/preisindizes>, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

FNR (2013): Pelletheizungen. Marktübersicht. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 7., überarbeitete Auflage. Januar 2013. Gülzow.

FNR (2014): Leitfaden Feste Biobrennstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

4., vollständig überarbeitete Auflage. Mai 2014. Gülzow.

Härdtlein, Marlies; Reith, Sören; Kirch, Felix; Eltrop, Ludger (2016): Datengrundlagen und Konzeption für den Online Wärmekostenrechner für Wohn- und Nichtwohngebäude. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart. Stuttgart. Online verfügbar unter http://www.ier.unistuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

Hiendlmeier, Sabine (2013): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasse-Heizwerke. Auswertung Jahresberichte 2012. C.A.R.M.E.N. 17.12.2013. Straubing. Online verfügbar unter https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/Eval_2012.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2017.

Hiendlmeier, Sabine (2016): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasse-Heizwerke. Auswertung Jahresberichte 2014. C.A.R.M.E.N. 14.01.2016. Straubing. Online verfügbar unter https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/Biomasseheizwerke/Eval_2014.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2017.

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

Pex, Bernhard (2012): Nahwärmenetze und Heizwerke - Erfolgsfaktoren und Erfahrungen. Präsentation auf der Fachtagung: "Wärme aus Biomasse - Stand der Technik und Perspektiven". Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, 26. Januar 2012. C.A.R.M.E.N. Saunus, Christoph (1998): Planung von Schwimmbädern. Bau und Betrieb von privaten und öffentlichen Hallen- sowie Freibädern

einschließlich Whirlpools und medizinischer Bäder. 4. Auflage. Düsseldorf. Krammer Verlag.

Zeller, Vanessa; Weiser, Christian; Henzenberg, Klaus; Reinicke, Frank; Schaubach, Kay; Thrän, Daniela et al. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms "Energetische Biomassennutzung", Band 2. DBFZ. Leipzig.

Die Agentur für Erneuerbare Energien hat auch folgenden Leitfaden veröffentlicht:



Die „Planungshilfe – Ein Netzwerk für die Wärmewende“ richtet sich an Akteure, die ein Netzwerk gründen wollen, das sich für die lokale Wärmewende einsetzt. Die Publikation in der AEE-Mediathek: www.unendlich-viel-energie.de/mediathek

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
Marlies Härdtlein, Benjamin Dannemann
V.i.S.d.P.
Philipp Vohrer

Stand
Dezember 2017

Bildnachweis
© Shutterstock Inc
Layout
Zitrusblau.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.