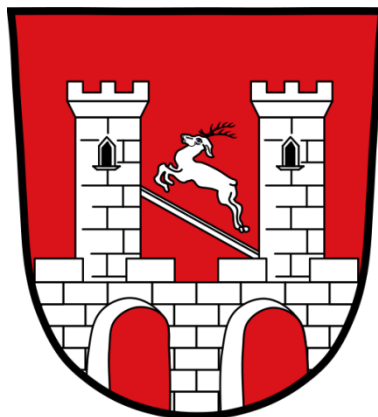


Energienutzungsplan für die Stadt Hersbruck



Energienutzungsplan für die Stadt Hersbruck

Auftraggeber

Stadt Hersbruck
Unterer Markt 1
91217 Hersbruck

Bearbeiter

Institut für Energietechnik (IfE) GmbH an der
Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg
www.ifeam.de

Förderung

Gefördert durch das
Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Bearbeitungszeitraum:

07/2016 bis 05/2017

Amberg, Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	5
Formelzeichen, Indizes und Einheiten.....	7
1 Einleitung.....	8
2 Allgemeine Daten zum Betrachtungsgebiet	9
3 Analyse des Ist-Zustands	12
3.1 Methodik.....	12
3.1.1 Definition des Betrachtungsgebiets und Bilanzjahres	12
3.1.2 Definition der Verbrauchergruppen	12
3.1.3 Datenquellen.....	13
3.1.4 Ermittlung des elektrischen Endenergiebedarfs.....	14
3.1.5 Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung	14
3.1.6 Ermittlung der elektrischen Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energien.....	16
3.1.7 CO ₂ - Bilanzierung.....	16
3.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz im Ist-Zustand	19
3.2.1 Endenergiebedarf.....	19
3.2.2 Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien	21
3.2.3 CO ₂ -Bilanz.....	23
4 Wärmekataster	24
5 Maßnahmenkatalog.....	26
6 Detailbetrachtung ausgewählter Projekte.....	28
6.1 Detailprojekt 1: Alternative Versorgungsvarianten für das Schulzentrum Happurger Straße 29	
6.1.1 Ausgangslage.....	30
6.1.2 Dimensionierung alternativer Wärmeerzeuger	31
6.1.3 Wirtschaftliche Grundannahmen für die Detailbetrachtung.....	38
6.1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Wärmeerzeugungsoptionen ...	42

6.2	Detailprojekt 2: Prüfung der Erneuerung eines bestehenden Klärgas-BHKWs auf der örtlichen Kläranlage	49
6.2.1	Ausgangslage.....	49
6.2.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener BHKW Varianten.....	50
6.3	Detailprojekt 3: Prüfung einer Erweiterung der Heizzentrale des Wärmenetzes „Am Haidplatz“ um ein zweites BHKW	54
6.3.1	Ausgangslage.....	54
6.3.2	Technische Betrachtung einer Erweiterung der Heizzentrale	56
7	Zusammenfassung	58
7.1	Vorgehensweise	58
7.2	Ergebnisse der Bestandsanalyse	58
7.3	Maßnahmenkatalog und Detailprojekte.....	59
8	Quellenverzeichnis	61
9	Abbildungsverzeichnis.....	63
10	Tabellenverzeichnis.....	65
	Anhang 1 - Erstellte Prozessketten mit GEMIS 4.9.....	66
	Anhang 2 - Darstellung möglicher Förderungen für Nahwärmenetze	70

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DE	Deutschland
DIN	Deutsches Institut für Normung
EE	Erneuerbare Energien
EED	EU-Energie-Effizienzrichtlinie
EEG	Erneuerbarer Energien Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbarer Energien Wärmegegesetz
EEX	European Energy Exchange („Strombörse“ Leipzig)
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHD/I/L	Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie / Landwirtschaft
GT	Gasturbine
HEL	Heizöl Extra Leicht
HH	Haushalte
HS	Holz-Hackschnitzel
i. e.	in etwa
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KW	Kraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz

LS	Liegenschaft
PV	Photovoltaik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
v.a.	vor allem
w	Wassergehalt
z.B.	zum Beispiel

Formelzeichen, Indizes und Einheiten

Einheiten

MWh	Megawattstunde
kWh	Kilowattstunde
MW	Megawatt
kW	Kilowatt
°C	Grad Celsius
%	Prozent
€	Euro
l	Liter
s	Sekunde
a	Jahr
h	Stunde
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
t	Tonne
kg	Kilogramm
Fm	Festmeter
ha	Hektar
g	Gramm
mg	Milligramm
m	Meter
km	Kilometer

Indizes

el	elektrisch
end	Endenergie
th	thermisch
p	Peak
WF	Wohnfläche

Formelzeichen

Hi	Heizwert
Hs	Brennwert
η	Wirkungsgrad

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Energienutzungsplanes für die Stadt Hersbruck zusammen. Die Erstellung des Energienutzungsplanes erfolgte im Auftrag der Stadt Hersbruck und wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert. Das Projekt entstand in enger Abstimmung mit den Hersbrucker Stadtwerken HEWA GmbH, als örtlich zuständigem Energie- und Wasserversorgungsunternehmen. Die HEWA GmbH ist eine hundertprozentige Tochter der Stadt Hersbruck.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz im Ist-Zustand erfasst. Dabei wurden drei Verbrauchergruppen (Private Haushalte, Kommunale Liegenschaften und Gewerbe/Handel/Dienstleistung/Industrie/Landwirtschaft) definiert. Die Energieströme wurden aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl, Biomasse, ...) erfasst, und der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung wurde ermittelt. Ausgehend von der energetischen Ist-Situation wurde der CO₂-Ausstoß für das Stadtgebiet Hersbruck berechnet. Als ein weiteres zentrales Ergebnis, hervorgehend aus der Analyse des energetischen Ist-Zustandes, wurde ein straßenspezifisches Wärmekataster entwickelt.

Auf Basis dieser detaillierten Ermittlungen zur Erfassung des energetischen Ist-Zustandes im Stadtgebiet Hersbruck, konnten darauf folgend konkrete Handlungsansätze zur Steigerung der Energieeffizienz und Erhöhung des Anteils regenerativer bzw. alternativer Energieträger vor Ort erarbeitet werden. Die Vorschläge wurden mit der HEWA GmbH, als vor Ort tätigem Akteur, abgestimmt und bezüglich ihrer möglichen Umsetzbarkeit in der Praxis abgestimmt. Die Ergebnisse wurden in einem konkreten und praxisorientierten Handlungsleitfaden (Maßnahmenkatalog) festgehalten.

Aus diesem Maßnahmenkatalog wurden in Zusammenarbeit mit der HEWA und gemäß den formulierten Zielen des Energienutzungsplanes drei Maßnahmen ausgewählt und einer detaillierten Betrachtung unterzogen. Als erste Maßnahme wurde die Energieversorgung für das Schulzentrum in der Happurger Straße, mit der bestehenden Heizzentrale in der Realschule, auf alternative Energieversorgungsvarianten, d. h. eventuelle Alternativen zur aktuellen konventionellen Wärmeerzeugung auf Erdgas-Basis geprüft. Eine weitere geprüfte Maßnahme war die technische Prüfung und Dimensionierung eines zweiten Blockheizkraftwerks für die Heizzentrale eines bestehenden Wärmenetzes „Am Haidplatz“ im Kernort Hersbruck. Darüber hinaus wurde als dritte Detailmaßnahme geprüft, ob sich der Austausch des bestehenden Klärgas-Blockheizkraftwerks auf der örtlichen Kläranlage als zeitnah umzusetzen empfiehlt oder ob das bestehende Energieeinsparcontracting, in dessen Rahmen das Bestands-BHKW betrieben wird, erfüllt werden sollte.

2 Allgemeine Daten zum Betrachtungsgebiet

Die Stadt Hersbruck ist Teil des Landkreises Nürnberger Land. Die geografische Lage ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Die geografische Lage des Stadtgebietes Hersbruck im Landkreis Nürnberger Land [Wiki HEB]

Sämtliche Berechnungen, Abbildungen und Tabellen im Energienutzungsplan beziehen sich auf das gesamte Stadtgebiet der Stadt Hersbruck, einschließlich aller umliegenden Stadtteile. Dies wird in der Folge als **Betrachtungsgebiet** definiert.

Das Betrachtungsgebiet erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 2.290 Hektar. In Abbildung 2 ist dargestellt wie sich diese Fläche auf die einzelnen Nutzungsarten verteilt. Aus energetischer Sicht sind insbesondere die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen von Interesse, die zur Erzeugung biogener Energieträger genutzt werden können. Der Anteil dieser Flächen beläuft sich im Betrachtungsgebiet auf etwa 76 %, was auf eine gute Basis für die Erzeugung regenerativer Energien schließen lässt.

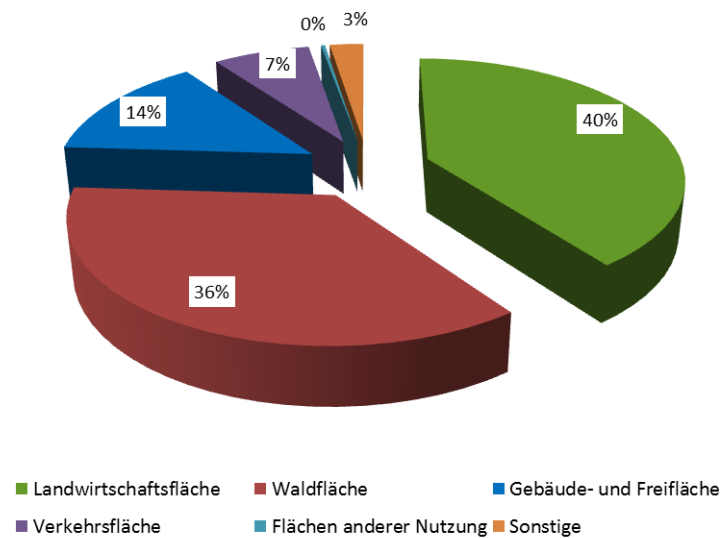


Abbildung 2: Flächenverteilung im Stadtgebiet Hersbruck (eigene Darstellung, Datenquelle [StaBa FL])

Im Jahr 2015 waren im Stadtgebiet Hersbruck insgesamt 12.260 Einwohner gemeldet. [StaBa Bev]
Die Einwohnerzahl weist in den letzten Jahren wieder eine ansteigende Tendenz auf (vgl. Abbildung 3).

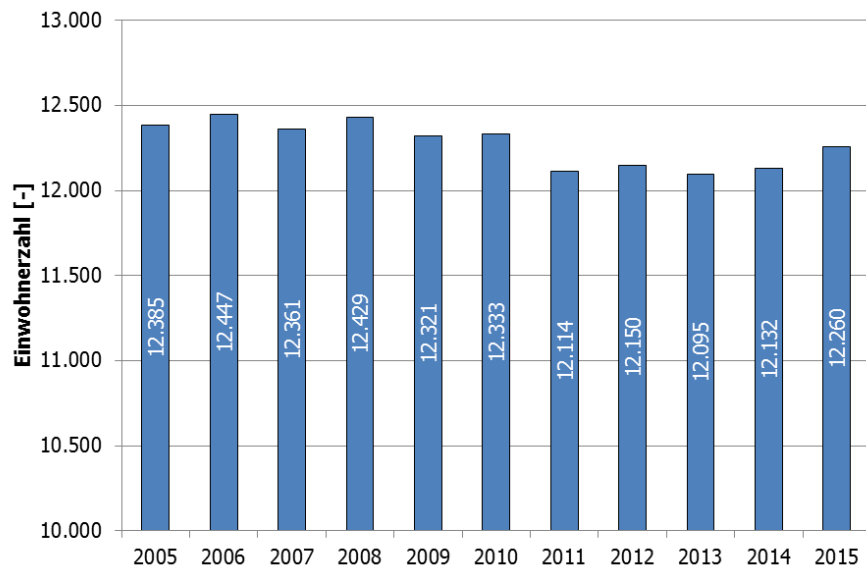


Abbildung 3: Einwohnerzahl der letzten 10 Jahre im Stadtgebiet Hersbruck (eigene Darstellung, Datenquelle [StaBa Bev])

Die Einwohnerdichte beträgt 535 EW/km². Das Betrachtungsgebiet lässt sich als überwiegend städtisch geprägter Raum bezeichnen.

3 Analyse des Ist-Zustands

3.1 Methodik

3.1.1 Definition des Betrachtungsgebiets und Bilanzjahres

Zum Stadtgebiet Hersbruck zählen auch die umliegenden Stadtteile Altensittenbach, Ellenbach, Großviehberg, Kühnhofen, Leutenbach und Weiher. [HEB] Wie auch in Kapitel 2 zuvor beschrieben bilden sie zusammen mit der Kernstadt Hersbruck das Betrachtungsgebiet für den Energienutzungsplan. Alle Datenerhebungen, Analysen und Berechnungen im Rahmen des Energienutzungsplanes beziehen sich auf das Bilanzjahr 2015. Für dieses Jahr lag die letzte vollständige Datenbasis vor, die im Bearbeitungszeitraum des Energienutzungsplanes verfügbar war.

3.1.2 Definition der Verbrauchergruppen

Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden folgende Verbrauchergruppen definiert:

a) Private Haushalte

Die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ umfasst alle zu Wohnzwecken genutzten Flächen im Betrachtungsgebiet. Dies umfasst sowohl Wohnungen in Wohngebäuden, als auch in Nicht-Wohngebäuden (z. B. hauptsächlich gewerblich genutzte Halle mit integrierter Wohnung).

b) Kommunale Liegenschaften

In der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ werden alle Liegenschaften der Stadt Hersbruck und des Landkreises Nürnberger Land zusammengefasst. Dies sind alle Verwaltungsgebäude (z. B. Rathäuser, Außenstellen), alle kommunalen Bildungseinrichtungen mit den zugehörigen Nebengebäuden (z. B. Kindergärten, Kinderkrippen, Schulen mit Turnhallen), Gebäude und Verbrauchsstellen der Wasser- und Abwasserversorgung (z. B. Kläranlagen, Hebewerke, Pumpstationen), Sportstätten (z. B. Schwimmbäder, Sport-/Mehrzweckhallen, Sport-/Vereinsheime) und sonstige Einrichtungen wie beispielsweise Feuerwehrhäuser, Jugendtreffs, Veranstaltungsgebäude.

c) Gewerbe, Handel, Dienstleistung / Industrie / Landwirtschaft

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen / Industrie / Landwirtschaft“ (GHD/I/L) werden alle Energieverbraucher zusammengefasst, welche nicht in eine der Verbrauchergruppen Private Haushalte oder Kommunale Liegenschaften fallen.

d) Verkehr

Die Verbrauchergruppe „Verkehr“ ist definitionsgemäß nicht Bestandteil eines Energienutzungsplanes und ist daher im Rahmen dieses Konzeptes nicht mit betrachtet.

3.1.3 Datenquellen

Die Analyse des Energieverbrauchs im Betrachtungsgebiet stützt sich auf folgende Datenquellen:

- Energieabsatzdaten des lokal tätigen Energieversorgers HEWA GmbH
- Fernwärmeabsatzdaten der Firma Naturenergie-Hersbruck GmbH
- Daten der örtlichen Kaminkehrer zu den installierten Wärmeerzeugern
- Datenabfrage in den Kommunen und in der Verbrauchergruppe GHD/I/L mittels standardisierter Fragebögen
- Öffentlich zugängliche statistische Daten

Der energetische Ist-Zustand der einzelnen kommunalen Liegenschaften wurde über Fragebögen erfasst. Dabei wurden Daten zur energetischen Ist-Situation des jeweiligen Gebäudes, geplanten bzw. bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen sowie dem elektrischen und thermischen Energieverbrauch erhoben.

In der Verbrauchergruppe GHD/I/L wurden die energieintensivsten Betriebe in jeder Kommune angeschrieben. Dabei wurden Daten über den elektrischen und thermischen Energiebedarf sowie, sofern bereits bekannt, die vorhandenen Abwärmepotenziale abgefragt. Mit Hilfe der Fragebögen konnte die Struktur innerhalb der Verbrauchergruppe GHD/I/L konkretisiert und detaillierter untergliedert, sowie direkt Ansätze zur weiteren Entwicklung von Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung abgeleitet werden. Die Auswahl der angeschriebenen Betriebe und der Versand der Fragebögen erfolgten durch die Kommune bzw. die HEWA GmbH. Insgesamt wurden 50 Betriebe angeschrieben. Die Anzahl der Rückläufer beläuft sich dabei auf 15, was einer passablen Rücklaufquote von 30 Prozent entspricht.

Um für die nicht-leitungsgebundenen Energieträger (Heizöl, Biomasse, Einzelfeuerstätten,...) eine solide und belastbare Datengrundlage zu schaffen, wurden die drei vor Ort tätigen Kaminkehrer angefragt eine Aufstellung der im Betrachtungsgebiet installierten Kessel (Anzahl und thermische Leis-

tung) zu übermitteln. Von diesen drei Kaminkehrern war ein Kaminkehrer bereit Daten zur Verfügung zu stellen. Er bildet idealerweise den umfangreichsten Teil des Stadtgebietes ab.

3.1.4 Ermittlung des elektrischen Endenergiebedarfs

Das Stromnetz im Betrachtungsgebiet wird von der HEWA GmbH betrieben [HEWA Strom]. Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde der gesamte Stromeinsatz im Betrachtungsgebiet für das Bilanzjahr 2015 zur Verfügung gestellt. Der Stromabsatz ist weiterhin in einzelne Verbrauchsbereiche aufteilt (Jährliche private Letztverbraucher, jährliche gewerbliche Letztverbraucher, monatliche Letztverbraucher, Straßenbeleuchtung,...). Außerdem sind Stromheizungen (Speicherheizungen und Wärmepumpen bzw. Direktheizungen) gesondert mit erfasst.

3.1.5 Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung

Wärmebereitstellung aus Erdgas

Die lokalen Erdgasnetze werden von der HEWA GmbH betrieben [HEWA Gas]. Es wurden die jährlichen Absatzmengen für das Bilanzjahr 2015 zur Verfügung gestellt. Dabei sind diese in einzelne Verbrauchergruppen unterteilt (Einfamilienhaushalte, Mehrfamilienhaushalte, Gewerbetunden, monatliche Letztverbraucher). Zusätzlich wurden die Fragebögen an Kommune [Fra Kom] und Industriebetriebe ausgewertet [Fra Ind].

Wärmebereitstellung aus Heizöl, Flüssiggas und Kohle

Der Gesamtendenergieeinsatz an Heizöl, Flüssiggas und Kohle im Betrachtungsgebiet wurde auf Basis der verfügbaren Kaminkehrerdaten [Kaminkehrer] aus der jeweiligen Leistung der installierten Wärmeerzeuger in den einzelnen Liegenschaften unter Annahme charakteristischer Vollbenutzungsstunden ermittelt. Da nur einer von drei vor Ort tätigen Kaminkehrern bereit war Daten zu übermitteln, wurde die Annahme getroffen, dass sich die Energieträgerverteilung i. e. für alle Kehrbezirke gleich verhält und die Gesamtmenge der thermischen Energie anhand der vorliegenden Erdgasabsatzdaten hochgerechnet. Die charakteristischen Vollbenutzungsstunden sind ein Maß dafür, wie gut ein Wärmeerzeuger typischerweise ausgelastet wird und variieren je nach eingesetztem Brennstoff. Für die Berechnungen im Rahmen des Energienutzungsplans wurden die Vollbenutzungsstunden auf Basis von Erfahrungswerten der IfE GmbH aus umgesetzten Projekten und wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsvorhaben angesetzt.

Ergänzend zu den Kaminkehrerdaten [Kaminkehrer] wurden die Fragebögen an die Kommunen (Energieeinsatz in kommunalen Liegenschaften) [Fra Kom] und Industriebetriebe [Fra Ind] ausgewertet.

Wärmebereitstellung aus Solarthermie

Die Gesamtfläche der im Betrachtungsgebiet installierten Solarthermieranlagen wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“ ermittelt. Im Betrachtungsgebiet sind nach Angaben der BAFA (Stand: Ende 2015) Solarthermie-Anlagen mit einer Gesamt-Bruttoanlagenfläche von rund 2.985 m² installiert (eigene Berechnung, Datenquelle [BAFA Sol]). Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung).

Aus der installierten Kollektorfläche lässt sich mittels des spezifischen mittleren Wärmeertrags der gesamte jährliche Wärmeertrag aller Solarthermie-Anlagen ermitteln. Auf Basis von Erfahrungswerten des IfE aus umgesetzten Projekten wurde für Solarthermieranlagen von einem mittleren spezifischen Ertrag von 350 kWh/(m²*a) ausgegangen.

Wärmebereitstellung aus fester Biomasse

Unter fester Biomasse werden Stückholz, Hackschnitzel oder Holzpellets verstanden, die in Heizkesseln oder Einzelfeuerstätten (z.B. Kaminöfen) zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Der Gesamtendenergieeinsatz an fester Biomasse im Betrachtungsgebiet wurde analog zu Vorgehensweise bei Heizöl, Flüssiggas und Kohle anhand der zur Verfügung gestellten Kaminkehrerdaten [Kaminkehrer] sowie von charakteristischen Vollbenutzungsstunden je Energieträger (Erfahrungswerte der IfE GmbH) ermittelt. Zusätzlich wurden die Fragebögen an die Kommunen [Fra Kom], Industriebetriebe [Fra Ind] ausgewertet.

Ein über die in den Kaminkehrerdaten hinaus erfassten Biomassekesseln konnten im Stadtgebiet Hersbruck noch weitere besondere Wärmeerzeuger auf Biomasse-Basis identifiziert werden. Dabei handelt es sich zum einen um ein Heizwerk der Firma Fackelmann, die in dieser Anlage Biomasse-Abfälle aus den Produktionsprozessen verfeuern [Fra Ind]. Zum anderen betreibt die Firma Naturenergie Hersbruck GmbH ein Biomasseheizkraftwerk zur Speisung eines Fernwärmenetzes und zur Stromerzeugung aus einem innovativen Kombiprozess. Hierbei kommt ein Gegenstrom-Hackgutvergaser zur Erzeugung eines Brenngases zum Einsatz. Die Verbrennung des Holzgases er-

zeugt Heißluft zum Antrieb einer Gasturbine. Die am Turbinenausgang austretende Heißluft wird in einem zweiten Prozess, einer ORC-Turbine nachverstromt. An verschiedenen Stellen im Heizwerk kann Wärme für das Fernwärmenetz ausgekoppelt werden. Zusätzlich ist im Heizwerk eine normale Hackgut-Rostfeuerung zur zusätzlichen Wärmeerzeugung für das Fernwärmenetz installiert. Insgesamt weist das Heizkraftwerk eine elektrische Leistung von 350 kW und eine gesamte thermische Leistung von 1.650 kW auf. In 2015 wurden rund 6.397 MWh Fernwärme generiert, u. a. zur Versorgung des Thermalbades, des Finanzamtes und weiterer privater und gewerblicher Abnehmer. Rund 314 MWh werden von der HEWA in dem eigenen unmittelbar anschließenden Wärmenetz abgesetzt. [Naturenergie]

Stromheizungen und Wärmepumpen

Die Stromabsatzdaten beinhalten wie zuvor bereits beschrieben auch Angaben zu Stromheizungen bzw. Wärmepumpen [HEWA Strom]. Unter der Annahme, dass Strom-Direktheizungen und Nachtspeicheröfen Strom in etwa 1:1 in Wärme umwandeln und Wärmepumpen eine mittlere Jahresarbeitszahl von ca. 2,5 aufweisen kann über diese Angaben der jährliche Bedarf an Endenergie zur thermischen Nutzung errechnet werden.

3.1.6 Ermittlung der elektrischen Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Neben dem bisherigen Energiebedarf wurde für das Betrachtungsgebiet auch ermittelt, wie viel elektrische Energie bereits im Ist-Zustand (Bilanzjahr 2015) mittels Photovoltaik-, Wasserkraft- und Windkraftanlagen sowie aus Biomasse (z.B. Biomasse-Heizkraftwerken, Biogas-Blockheizkraftwerke) bereitgestellt wird. Hierfür wurden von der HEWA GmbH als örtlichem Energieversorgungsunternehmen Angaben über die im Bilanzjahr erzeugten und in die Elektrizitätsnetze eingespeisten EEG-Strommengen zur Verfügung gestellt.

3.1.7 CO₂- Bilanzierung

Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen gibt es grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Herangehensweisen. Bislang existiert für die kommunale CO₂-Bilanzierung keine einheitliche Methodik die standardisiert angewendet wird oder aufgrund von verbindlichen Normen zwingend anzuwenden wäre.

Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden die CO₂-Emissionen mittels CO₂-Äquivalenten berechnet. Dabei wird für jeden Energieträger ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor ermittelt, das sogenannte CO₂-Äquivalent, das neben den direkten Emissionen (z. B. aus der Verbrennung von Erdgas) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten umfasst (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO₂-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. Dies beinhaltet auch die Emissionen an weiteren klimawirksamen Gasen, wie z. B. Methan oder Distickstoffoxid (Lachgas), die auf die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid normiert und im CO₂-Äquivalent verrechnet werden.

Die im Rahmen des Energienutzungsplanes verwendeten CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe des Lebenszyklus- und Stoffstromanalyse-Modells GEMIS in der Version 4.9 [GEMIS] ermittelt und sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Zusätzlich zu den in GEMIS bereits vordefinierten Prozessen wurden für den Energienutzungsplan durch die IfE GmbH eigene Prozessketten definiert, da die Standardwerte nicht in jedem Fall anwendbar oder kompatibel mit der gewählten Berechnungsmethodik sind. So ist beispielsweise in den vordefinierten GEMIS-Prozessketten für die Wärmebereitstellung in der Regel der Hilfsenergiebedarf (Strom) für den Wärmerzeuger enthalten. Dieser Hilfsenergiebedarf wird im Rahmen des Energienutzungsplans jedoch bereits gesondert über die Daten der Energieversorgungsunternehmen (Stromlieferung an die Haushalte) erfasst und über das CO₂-Äquivalent für elektrischen Strom in CO₂-Emissionen umgerechnet. Würden nun die Standard-Prozessketten aus GEMIS verwendet, so würden die CO₂-Emissionen aus dem Hilfsenergiebedarf doppelt berücksichtigt. Daher wurden für die Wärmeerzeugung eigene Prozessketten ohne Hilfsenergiebedarf definiert. Die verwendeten Prozessketten sowie eine ausführlichere Darstellung der verwendeten CO₂-Äquivalente finden sich in Anhang 1.

Die absoluten CO₂-Emissionen für die einzelnen Energieträger ergeben sich dann aus der eingesetzten Energiemenge multipliziert mit dem jeweiligen CO₂-Äquivalent. Für die Erzeugung elektrischer Energie innerhalb des Betrachtungsgebiets (z. B. aus Erneuerbaren Energien) wird eine CO₂-Gutschrift in Höhe des CO₂-Äquivalents für den deutschen Strommix auf Verteilnetzebene angesetzt. Dahinter steht die Annahme, dass diese Strommenge in gleicher Höhe Strom aus dem deutschen Kraftwerkspark verdrängt. Durch diese Betrachtungsweise können sich bilanziell negative CO₂-Emissionen ergeben. Dies ist in diesem Fall so zu interpretieren, dass gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung in Deutschland CO₂-Emissionen eingespart werden.

Tabelle 1: Die CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger

CO₂-Äquivalente nach GEMIS 4.9 und eigenen Berechnungen IfE; 07/2014	
	CO₂-Äquivalent (Gesamte Prozesskette)
Brennstoff	[g/kWh]
Strom	624,460
Erdgas	240,460
Flüssiggas	260,590
Heizöl EL	313,060
Braunkohle	451,770
Biogas	92,372
Biomethan	113,250
Holzpellets	17,582
Hackschnitzel	14,165
Scheitholz	11,373
<i>Bezugsgröße: kWh Endenergie, Heizwert Hi</i>	

3.2 Energie- und CO₂-Bilanz im Ist-Zustand

3.2.1 Endenergiebedarf

In Tabelle 2 sind als Ergebnis der Datenanalyse die Endenergieeinsatzmengen, sowie die aus Erneuerbaren Energien produzierte Strommengen im Betrachtungsgebiet zusammengefasst, jeweils aufgeschlüsselt auf die einzelnen Energieträger. In Summe beläuft sich der jährliche Endenergiebedarf auf rund 206.878 MWh pro Jahr. Davon werden rund 153.935 MWh/a für die Wärmeversorgung aufgewendet. Der elektrische Endenergiebedarf beläuft sich auf rund 52.942 MWh/a.

In Abbildung 4 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die einzelnen Energieträger ergänzend zur tabellarischen Darstellung grafisch aufbereitet. Positiv zu erwähnen ist, dass bereits ein verhältnismäßig hoher Anteil des Endenergiebedarfs aus Biomasse gedeckt wird.

Tabelle 2: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Energieträgern

Energieträger	Endenergieeinsatz [MWh/a]	Stromproduktion EE		Datenquelle
		[MWh/a]	[kW]	
Strom	52.942			EVU Kaminkehrerdaten; Fragebögen Kommunale Liegenschaften und Industrie Kaminkehrerdaten; Fragebögen Kommunale Liegenschaften und Industrie Kaminkehrerdaten; Fragebögen Kommunale Liegenschaften und Industrie EVU, Kaminkehrerdaten, Fragebögen Biogasanlagen und Industrie BAFA EVU EVU EVU EVU
Erdgas	72.109			
Heizöl	44.893			
Biomasse	34.858			
Solarthermie	1.045			
Wärmepumpen	1.031			
Photovoltaik		2.689	3.046	
Biomasse-KWK		1.648	370	
Wasserkraft		255	80	
Summe	206.878	4.593	3.496	

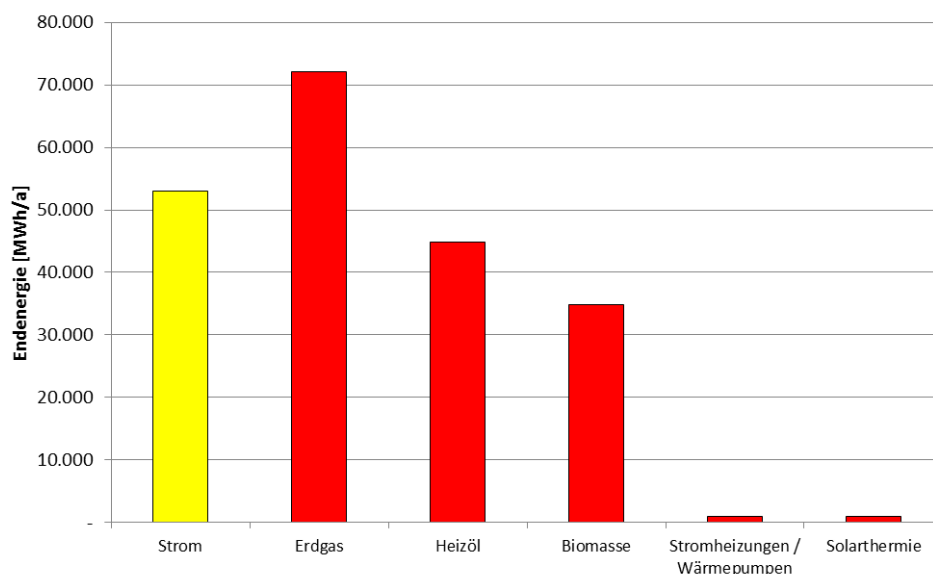


Abbildung 4: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Energieträgern

In Tabelle 3 und Abbildung 5 ist dargestellt, wie sich der Endenergiebedarf auf die betrachteten Verbrauchergruppen verteilt. Dabei wurde zur einfacheren Darstellung der Endenergieeinsatz zur Wärmerzeugung jeweils nur als Summe über alle Energieträger (Erdgas, Heizöl, Biomasse, ...) dargestellt.

Den größten Endenergieverbrauch weist die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte auf. Demgegenüber beträgt der Anteil der Verbrauchergruppe der kommunalen Liegenschaften am gesamten Endenergiebedarf in Summe lediglich 3 %. Dennoch kommt dieser Verbrauchergruppe im Hinblick auf die Umsetzung möglicher Projekte, siehe Kapitel 5 (Maßnahmenkatalog), eine besondere Vorbildfunktion zu.

Tabelle 3: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Endenergie elektrisch [MWh/a]	Endenergie thermisch [MWh/a]
Private Haushalte	13.451	98.730
kommunale Liegenschaften	2.067	3.948
GHDI / Landwirtschaft	37.423	51.257
Summe	52.942	153.935

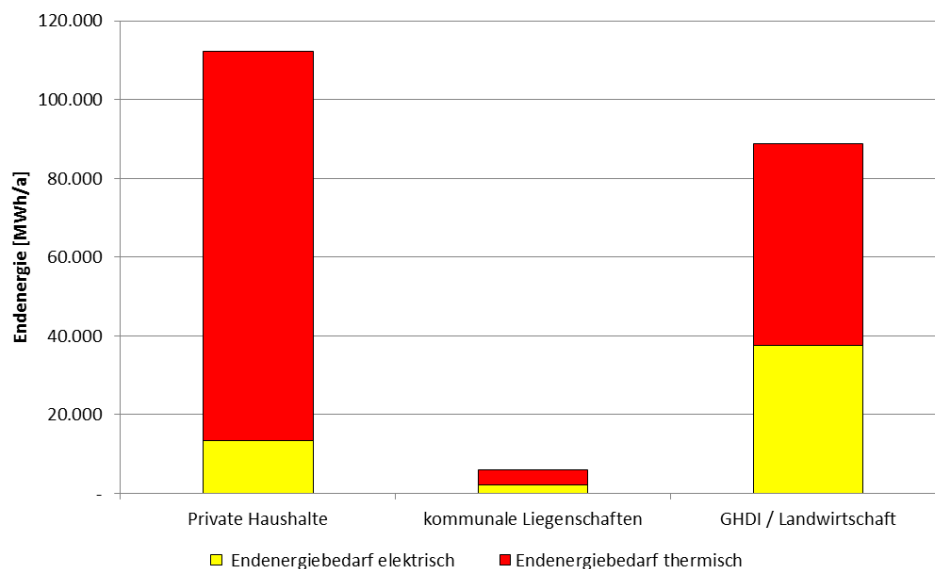


Abbildung 5: Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die drei Verbrauchergruppen im Betrachtungsgebiet

3.2.2 Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien

Wie zuvor in Tabelle 2 bereits aufgeführt wurden im Bilanzjahr 2015 im Stadtgebiet Hersbruck rund 4.600 MWh Strom aus Erneuerbaren Energien erzeugt. Der Hauptanteil des erzeugten Stroms stammt aus Photovoltaikanlagen. Stromerzeugung aus KWK-Anlagen auf Basis von Biomasse betrifft beispielsweise das Hackschnitzel-Heizkraftwerk in der Amberger Straße, welches in einer Gasturbine bzw. einem ORC-Prozess Strom generiert. Insgesamt decken die Stromerzeugungsanlagen im Bereich Erneuerbare Energien rund 9 % des gesamten Stromverbrauchs im Bilanzgebiet ab (Abbildung 6).

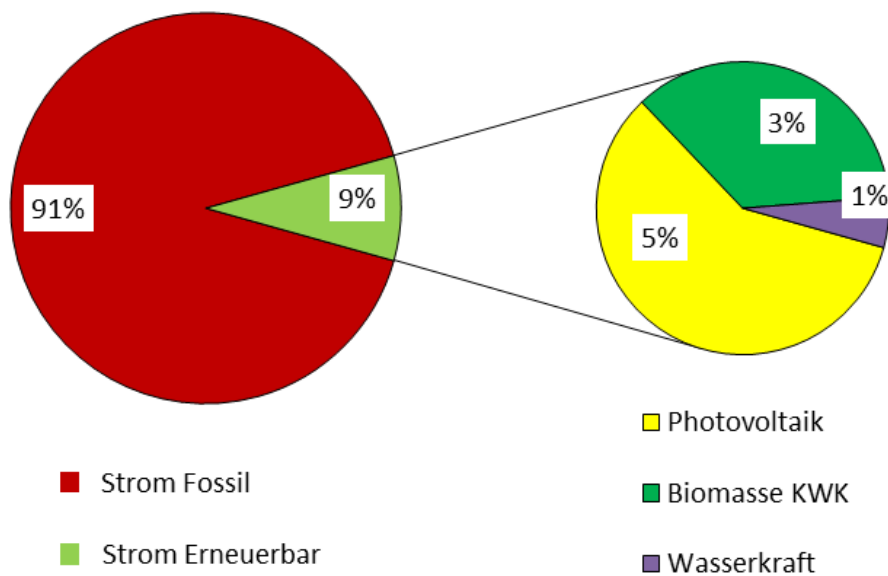


Abbildung 6: Anteil Erneuerbarer Energien am gesamten Strombedarf

Bei der Bereitstellung thermischer Energie beträgt der Anteil Erneuerbarer Energien rund 20 % (vgl. Abbildung 7), was für städtisch geprägte Regionen einen bemerkenswert hohen Anteil darstellt. Die Hauptquellen sind Biomasseanlagen zur direkten Verfeuerung biogener Brennstoffe, was in diesem Fall hauptsächlich Feuerungsanlagen in privaten Haushalten zuzuordnen ist. Weiterhin steuern das Hackschnitzel-Heizkraftwerk in der Amberger Straße und das firmeneigene Heizwerk der Firma Fackelmann einen signifikanten Anteil bei. Solarthermie nimmt einen verhältnismäßig untergeordneten Anteil ein. Auch ein Großteil der Abwärmenutzung aus Biomasse-KWK-Anlagen ist dem besagten Heizwerk zuzuordnen.

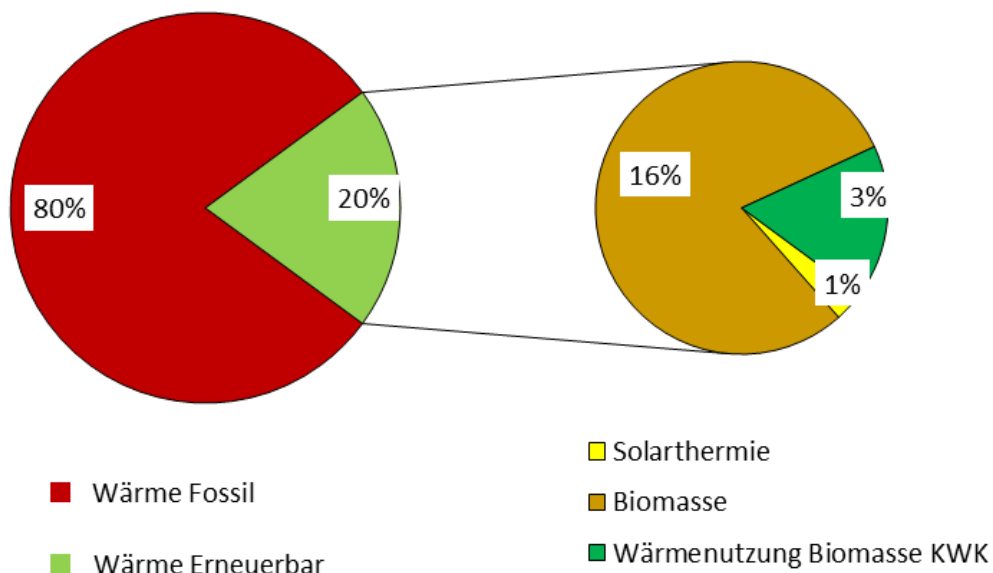


Abbildung 7: Anteil Erneuerbarer Energien an der Bereitstellung thermischer Energie

3.2.3 CO₂-Bilanz

Abbildung 8 fasst die Endenergieverteilung noch einmal zusammen und stellt darüber hinaus den gesamten CO₂-Ausstoß der Stadt Hersbruck dar. Aus dem Gesamtendenergieverbrauch resultiert unter Gegenrechnung der im Betrachtungsgebiet bereits vorhandenen Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien ein Ausstoß von rund 62.500 Tonnen CO₂ pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 5,2 Tonnen CO₂ pro Kopf.

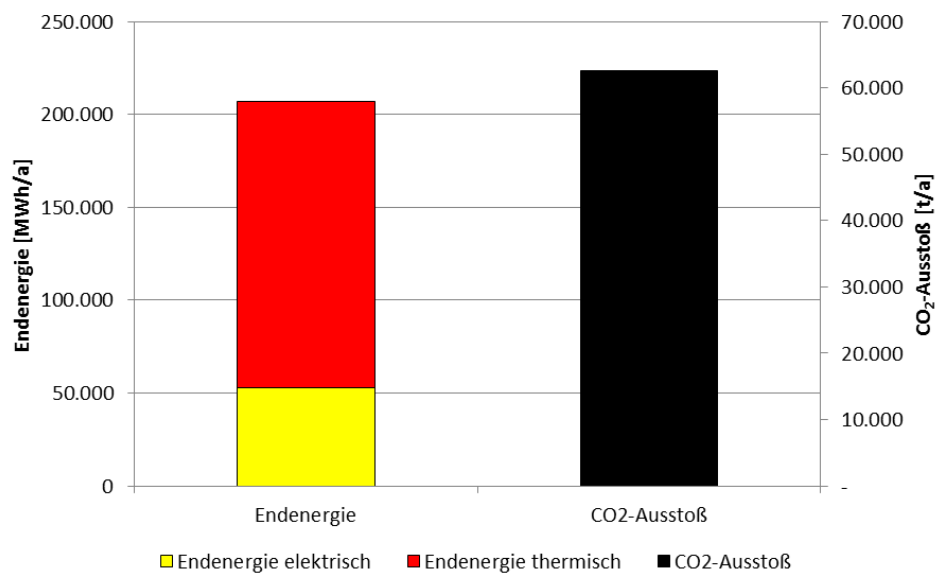


Abbildung 8: Zusammenfassung Endenergieeinsatz und CO₂-Bilanz

Hinweis: In der CO₂-Bilanz sind die CO₂-Emissionen der Mobilität (Verkehr) nicht mit berücksichtigt. Der CO₂-Ausstoß in Höhe von rund 5,2 Tonnen pro Einwohner resultiert lediglich aus dem elektrischen und thermischen Endenergieverbrauch.

4 Wärmekataster

Als eines der zentralen Elemente des Energienutzungsplans wurde aus den Daten zum energetischen Ist-Zustand ein straßenspezifisches Wärmekataster erarbeitet. Das Wärmekataster zeigt auf, in welchen Straßenzügen welcher spezifische Wärmebedarf vorliegt und stellt damit die Grundlage dar, um auf kommunaler Ebene Wärmeverbundlösungen zu entwickeln und zu dimensionieren. Wichtigstes Hilfsmittel hierfür ist die sogenannte Wärmebelegung, mittels derer angegeben wird, wie viele Kilowattstunden Nutzwärme pro Meter Trasse und Jahr abgesetzt werden können. Je höher die Wärmebelegung, desto „dichter“ ist das Netz, desto mehr Wärme wird bezogen auf die Länge abgesetzt. Je höher die Wärmebelegung, desto niedriger ist der prozentuale Wärmeverlust und desto wirtschaftlicher lässt sich ein Wärmenetz betreiben. Als Erfahrungswert der IfE GmbH kann angenommen werden, dass ein wirtschaftlicher Netzbetrieb in der Regel ab einer Wärmebelegung größer $1.500 \text{ kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$ möglich ist. Dieser Wert wird auch in einschlägigen Förderprogrammen (z.B. „Biolima“ [TfZ]) als Fördervoraussetzung angewendet. Eine konkrete Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes bedarf dennoch in jedem Fall einer fundierten Einzelprüfung.

Die Datengrundlage für die Wärmekataster bilden die von der HEWA GmbH übermittelten Daten zum Erdgasabsatz und die vom Kaminkehrer zur Verfügung gestellten Daten zu Art und Leistung der installierten Wärmeerzeuger im Betrachtungsgebiet. Zusätzlich wurden die Fragebögen an Kommune und Industriebetriebe ausgewertet. Die Daten wurden auf die einzelnen Straßenzüge aufgeschlüsselt, wobei immer davon ausgegangen wurde, dass alle Gebäude potenzielle Anschließer darstellen (Anschlussdichte 100 %). Die Wärmebelegungsdichte für die jeweilige Straße wurde durch Division des Wärmebedarfs durch die Trassenlänge des Wärmenetzes ermittelt, die zur Erschließung der Wärmeabnehmer erforderlich ist. Die Trassenlänge ergibt sich aus der Länge der betrachteten Straße. Zusätzlich wurde eine Pauschale von 10 Trassenmetern pro Hausanschlussleitung berücksichtigt.

In Abbildung 9 ist das Wärmekataster der Stadt Hersbruck bei einer angenommenen Anschlussdichte von 100 % dargestellt. Dabei wurden vom Hauptort weiter entfernt liegende Ortsteile und Ortschaften zwecks besserer Auflösung nicht mit dargestellt. Die Daten wurden jedoch in GIS verortet hinterlegt. Die GIS-Daten werden dem Auftraggeber mit Ende des Projektes übermittelt.

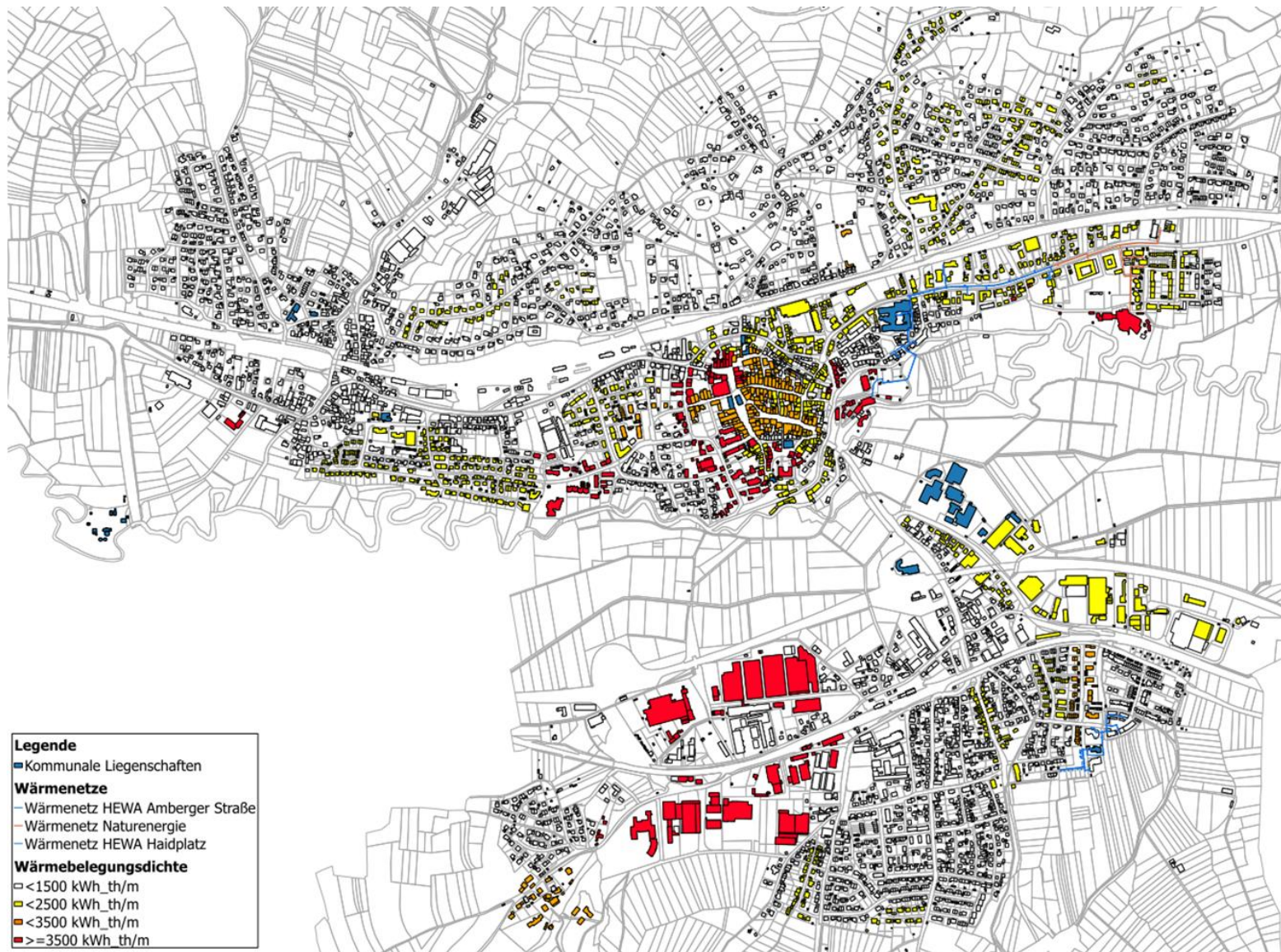


Abbildung 9: Wärmekataster für die Stadt Hersbruck bei einer Anschlussdichte von 100 %

5 Maßnahmenkatalog

Eines der erklärten Ziele des Energienutzungsplanes ist es Potenziale im Bereich der dezentralen Energieversorgung und Erneuerbarer Energien zu identifizieren und daraus, besonders mit Hinblick auf Umsetzbarkeit in der Praxis, einen konkreten Handlungsleitfaden zu erstellen.

Hierfür konnten, basierend auf der detaillierten Datenbasis (Absatzdaten der EVU, Kaminkehrerdaten, kommunale Verbrauchsdaten, Industriefragebögen,) erste Verbesserungsmöglichkeiten (z.B. alternative Wärmeversorgung kommunaler Liegenschaften, Erweiterungspotenziale bestehender Wärmenetze,...) direkt identifiziert und Lösungsvorschläge skizziert werden. Des Weiteren wurde mit dem erstellten straßenzugsweisen Wärmekataster die Basis für die Entwicklung von Nahwärmeverbundlösungen oder Sanierungskampagnen gelegt. Die vom IfE ausgearbeiteten Maßnahmen- und Projektvorschläge wurden in regelmäßiger Abstimmung mit der HEWA GmbH ausgearbeitet.

Der daraus entstandene Maßnahmenkatalog wird im Folgenden tabellarisch zusammengefasst dargestellt. Im Maßnahmenkatalog sind ähnlich strukturierten Projekten identische Farben zugewiesen. Der Farbcode sowie die zugehörige Bedeutung sind nachfolgend aufgeführt.

	Energieversorgung/Sanierung mit Bildungseinrichtungen
	Energieversorgung/Sanierung ohne Bildungseinrichtungen
	Wärmenetze, voraussichtlich ohne Integration von Bildungseinrichtungen
	PV auf kommunalen Liegenschaften, außer Bildungseinrichtungen
	Kläranlagen
	Straßenbeleuchtung
	Unternehmen
	sonstige Maßnahmen, nicht eindeutig zuzuordnen

Tabelle 4: Tabellarischer Maßnahmenkatalog**Projektvorschläge / Teilkonzepte im Rahmen des Energienutzungsplanes für die Stadt Hersbruck**

IdentNr.	Projektvorschlag	Quelle	Beschreibung	Hinweise
Projekte, welche im Rahmen des Energiekonzeptes identifiziert wurden				
Heb_01	Wärmeverbund Schulzentrum - Prüfung alternativer Wärmeerzeuger	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Prüfung einer alternativen Wärmeversorgung für den Wärmeverbund Realschule Happurger Straße. Zur Zeit in der Heizzentrale zwei Erdgaskessel (720 und 400 kW) installiert.	Wird im Rahmen des ENP als Detailmaßnahme detailliert betrachtet
Heb_02	Kläranlage - Erneuerung Klärgas-BHKW	Auftaktgespräch bei HEWA	Von Seiten der HEWA bestehen bereits Ideen für Maßnahmen auf der kommunalen Kläranlage. Z. B. Betrachtung bestehenden Contracting BHKW!	Wird im Rahmen des ENP als Detailmaßnahme detailliert betrachtet
Heb_03	Sanierungsmaßnahmen Kindergarten Kirchgasse	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Baujahr 1987, bislang keine energetischen Maßnahmen durchgeführt. Wärmeerzeuger Erdgaskessel Bj 2008, 35 kW, rund 73.000 kWh Wärme pro Jahr	
Heb_04	Sanierungsmaßnahmen Kindergarten Ringstraße	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Baujahr 1976 (Umbau 1994), bislang keine energetischen Maßnahmen durchgeführt. Wärmeerzeuger Erdgaskessel Bj. 1997, 55 kW, rund 105.000 kWh Wärme pro Jahr	
Heb_05	Erweiterungspotenziale Wärmenetz Haidplatz	Daten HEWA; IFE	Das Nahwärmenetz Haidplatz bietet Erweiterungspotenziale. Wärmeabsatz bietet möglicherweise Potenzial für zweites BHKW	Wird im Rahmen des ENP als Detailmaßnahme detailliert betrachtet
Heb_06	Energetische Maßnahmen - Sonderpädagogisches Förderzentrum Happurger Straße 5	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Prüfung von Sanierungsmaßnahmen bzw. energetischen Maßnahmen (z.B. Kesseltausch); Erdgaskessel, Bj. 2004, 192 kW, 140.000 kWh Wärmebedarf pro Jahr.	
Heb_07	Wärmeerzeuger und energetische Maßnahmen Bauhof (Happurger Straße 19)	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Bj. 1994 (Büro), Halle 1964 → Evtl. Prüfung energetischer Maßnahmen. Zwei Erdgaskessel: Büro (Bj. 1999; 21,4 kW, 33.000 kWh); Halle (Bj. 1993, 105 kW, 117.000 kWh) → Prüfung von Alternativen	
Heb_08	Erschließung weiterer PV-Potenziale auf kommunalen Liegenschaften	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Grund- und Hauptschule (ca. 650 m²), Turnhalle (1.500 m²), Kinderkompetenzzentrum (800 m²) je Flachdach. Gymnasium ohne PV → diverse Flächen zur Verfügung (u.A. rund 450 m² Flachdach → Turnhallen). Evtl. weitere möglich...	
Heb_09	Überprüfung der bestehenden Wärmenetze auf Ausbaupotenziale	Daten HEWA; IFE	Identifikation und Prüfung von Erweiterungspotenzialen bestehender Wärmenetze, beispielsweise anhand des Wärmekatasters	
Heb_10	Überprüfung Wärmeversorgung Hirtenmuseum	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	Hirtenmuseum (Eisenhüttlein 5 + 7, Grabenstraße 21) liegen dicht beieinander. Evtl. Verbund denkbar. Jährlicher Bedarf insgesamt rund 194.000 kWh. Heizung Hnr 5 kommt in 2017. Kessel: Eisenhüttlein Bj 1989, 45 kW; Grabenstraße Bj. 2004; 60 kW	
Heb_11	Wärmeverbund mit Rathaus, Bürgerbüro und Gebietsumgriff	Wärmekataster; HEWA	Prüfung der Wärmeversorgung von Rathaus und Bürgerbüro, einschl. einer Wärmeverbund-Variante mit Gebietsumgriff. U. a. mit Sparkasse und geplanten Neubauten Wohnanlage (Gelände ehem. Schickedanz Kaufhaus) sowie Hotel Poststraße	
Heb_12	PV-Anlage Sonderpädagogisches Förderzentrum Happurger Straße 5	Kommunale Verbrauchsdaten; IFE	rund 500 m² Flachdach; Strombedarf rund 26.000 kWh/a	

6 Detailbetrachtung ausgewählter Projekte

Um erste Projekte aus dem Maßnahmenkatalog in 5 unmittelbar voranzutreiben, wurden in Absprache mit allen beteiligten Akteuren drei Projekte ausgewählt, die detailliert auf technische Umsetzung und Wirtschaftlichkeit hin geprüft wurden. Die Auswahl der Detailprojekte erfolgte in Abstimmung mit der HEWA GmbH. Besonders wurden dabei Maßnahmen ausgewählt, die das Potenzial für eine sehr zeitnahe praktische Umsetzung aufweisen.

Es wurde folgende Detailprojekte exemplarisch betrachtet:

- Detailprojekt 1: Alternative Energieversorgungsvarianten für das Schulzentrum Happurger Straße
- Detailprojekt 2: Prüfung der Erneuerung eines bestehenden Klärgas-BHKWs auf der örtlichen Kläranlage
- Detailprojekt 3: Prüfung einer Erweiterung der Heizzentrale des Wärmenetzes „Am Haidplatz“ um ein zweites BHKW

Hinweis

Die Analyse der kommunalen Verbrauchsdaten und des im Rahmen des Energienutzungsplanes erarbeiteten straßenzugsweisen Wärmekatasters ergaben im Gebiet rund um die Liegenschaften Rathaus und Bürgerbüro eine hohe Wärmebelegungsdichte. Gleichzeitig konnte Verbesserungspotenzial in der Wärmeversorgungsstruktur der genannten kommunalen Gebäude ermittelt werden. Eine der potenziell zu prüfenden Maßnahmen wäre daher die Errichtung eines Wärmeverbundes in diesem Gebietsumgriff, mit speziellem Augenmerk auf die größeren Verbraucher im näheren Umfeld. Diese sind, neben Rathaus und Bürgerbüro, z. B. die Sparkasse und auch die geplanten Neubauten einer Wohnanlage mit rund 40 Wohneinheiten (auf dem ehemaligen Gelände des Kaufhauses Schickedanz) und eines Hotels in der Poststraße. Da der weitere Verlauf bei der Umsetzung dieser Neubau-Projekte zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht eindeutig ist, wäre eine dem Energienutzungsplan nachfolgende, detaillierte Prüfung der beschriebenen Wärmeversorgung im Verbund sinnvoll. Dies kann z. B. in Form einer Umsetzungsbegleitung geschehen, die die Ergebnisse des Energienutzungsplanes im Nachgang aufgreifen und fortführen würde.

6.1 Detailprojekt 1: Alternative Versorgungsvarianten für das Schulzentrum Happurger Straße

Das Schulzentrum in der Happurger Straße in Hersbruck umfasst die Liegenschaften Realschule, Grund- und Mittelschule, Kinderkompetenzzentrum und eine Turnhalle. Diese Liegenschaften sind mittels einer Wärmeleitung an eine gemeinsame Heizzentrale in der Realschule angebunden. Aktuell sind hier noch zwei Erdgaskessel zur Wärmeversorgung installiert. Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde ermittelt, dass hier Alternativen für diese Art der konventionellen Wärmeerzeugung geprüft werden sollten. Im Folgenden wird zunächst der energetische Ist-Zustand im Verbund abgebildet und anschließend die drei Alternativen zur Wärmeversorgung des Gebäudekomplexes, welche im Rahmen des Konzeptes detailliert auf technische Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft wurden, ausführlich dargestellt und erläutert.

6.1.1 Ausgangslage

Wie eingangs des Kapitels erwähnt umfasst der Verbund die Liegenschaften Realschule, Grund- und Mittelschule, Kinderkompetenzzentrum und die Turnhalle (vgl. Abbildung 10). Die Heizzentrale mit den beiden Erdgaskesseln befindet sich im nördlichen Teil des Realschulgebäudes angrenzend zum Sportplatz (vgl. Abbildung 10, rot eingekreist).



Abbildung 10: Luftbild der betrachteten Liegenschaften im Wärmeverbund Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps)

Zur Erfassung des jeweiligen Wärmebedarfs sind verschiedene Wärmemengenzähler installiert. Die HEWA GmbH übermittelte im Zuge der Betrachtung die technischen Daten zur Heizzentrale und die jährlich abgenommenen Wärmemengen (Tabelle 5). In 2015 wurden von den genannten Abnehmern insgesamt 930.974 kWh Wärme bezogen.

Tabelle 5: Wärmebedarf der Liegenschaften im Verbund Schulzentrum 2015 (Datenquelle [HEWA Wae])

Angeschlossene Liegenschaften	Adresse	kundenweiser Fernwärmeabsatz
3-fach Turnhalle	Chotischauer Weg 4	218.282 kWh
Grete-Schickedanz-Schule	Happurger Str. 7	296.482 kWh
Kinderkompetenzzentrum	Happurger Str. 9	19.699 kWh
Johannes-Scharrer-Realschule	Happurger Str. 13	396.511 kWh
Summe		930.974 kWh

Als Wärmeerzeuger stehen zwei Erdgaskessel zur Verfügung. Diese liefern eine thermische Nennleistung von 720 kW bzw. 400 kW (Baujahr 2004 bzw. 2002). Im Jahr 2015 wurden in der Heizzentrale 1.242.077 kWh_{hs} Erdgas verbraucht. Die Verlustwärme aufgrund des internen Verbundnetzes im Schulzentrum beläuft sich auf rund 76.000 kWh pro Jahr.

6.1.2 Dimensionierung alternativer Wärmeerzeuger

Es werden folgende Alternativen betrachtet:

1. Installation eines Erdgas-BHKWs zur Grundlastabdeckung
2. Errichtung eines Hackschnitzelheizwerkes und Anbindung des Schulzentrums über eine Fernwärmeleitung
3. Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz in der Amberger Straße (Heizzentrale Natur-energie GmbH) ab der PsoriSol-Klinik

Zentrales Auslegungsinstrument ist hierbei die geordnete thermische **Jahresdauerlinie**. Diese ergibt sich aus dem jährlichen Gesamt-Wärmebedarf und wird mit Hilfe der Gradtagmethode nach VDI 2067 ermittelt. 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 bestmöglich annähern. Werden die 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. Diese Herangehensweise beruht nicht auf einer Heizlastberechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

Die Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund Schulzentrum Happurger Straße ist in nachfolgender Abbildung 11 dargestellt. Die Spitzenlast beträgt rund 600 kW_{th}.

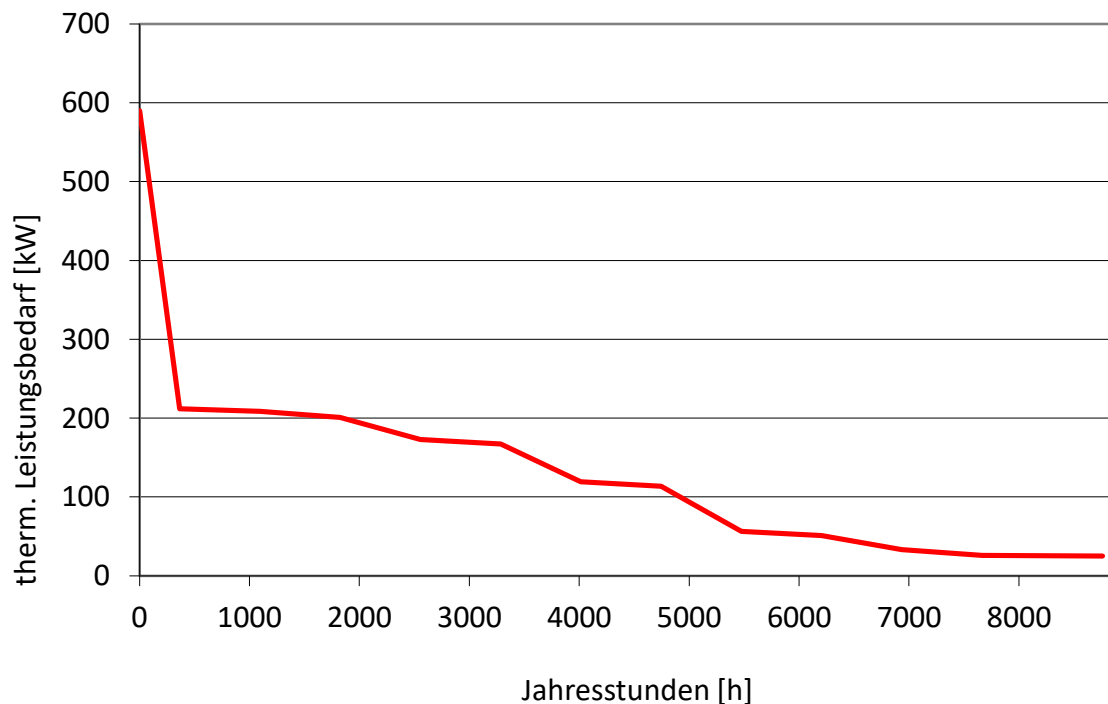


Abbildung 11: Geordnete thermische Jahresdauerlinie des Verbundes Schulzentrum Happurger Straße

Variante 1: Installation eines Erdgas-BHKWs zur Grundlastabdeckung

Bei Wärmeerzeugungsoption 1 wird ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 85 kW und einer elektrischen Leistung von 50 kW zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung bleibt der installierte Bestandskessel mit der thermischen Leistung von 720 kW erhalten. Die Platzverhältnisse im bestehenden Heizraum sind günstig, es wären in diesem Fall kaum signifikante Umbaumaßnahmen durchzuführen.

Abbildung 12 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW ergeben sich rund 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 1.566.000 kWh_{H₂} Erdgas verbraucht.

Das Erdgas-BHKW erzeugt jährlich rund 300.000 kWh an elektrischer Energie, welche größtenteils vor Ort verbraucht wird (Stromeigennutzung).

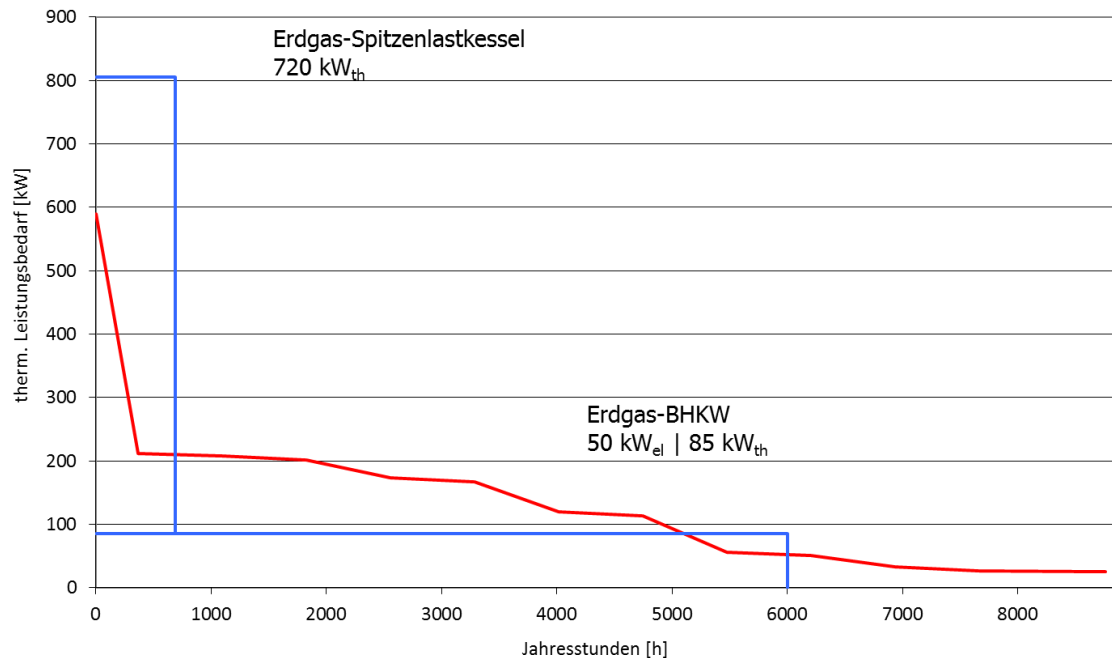


Abbildung 12: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 1 - Erdgas-BHKW

Wärmeerzeuger		Erdgas-BHKW	Erdgas-Kessel
Nennwärmeleistung	[kW]	85	720
Elektrische Leistung	[kW]	50	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	691
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	510.000	497.200
Anteil an der Wärmeerzeugung	[%]	51	49
Erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	300.000	-
Verbrauch	[kWh _{hi} /a]	979.300	587.100

Variante 2: Errichtung eines Hackschnitzelheizwerkes und Anbindung des Schulzentrums über eine Fernwärmeleitung

Die zweite betrachtete Variante behandelt die Errichtung eines separaten Heizhauses mit Hackgutkessel zur Grund- und Mittellastabdeckung. Zur Spitzenlastabdeckung soll einer der installierten Bestandskessel herangezogen werden. Eine Errichtung des Heizhauses auf dem Schulgelände ist in Absprache mit den Akteuren vor Ort, primär aus logistischen Gründen, nicht in Betracht zu ziehen. Es soll eine Variante mit Errichtung des Heizhauses auf dem früheren BayWa-Gelände in Hersbruck betrachtet werden. Das Gelände ist in Abbildung 13 rot eingekreist markiert, auch der mögliche Lei-

tungsverlauf für die Fernwärmeleitung ist hier skizzenhaft angedeutet. Zur Anbindung von Schulzentrum an ein potenzielles Heizwerk an dem besagten Standort würde eine Fernwärmetrasse von rund 520 m Länge benötigt.



Abbildung 13: Potenzieller Standort Heizhaus bei Wärmeversorgungsvariante 2 Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps)

Der bei Variante 2 betrachtete Hackgutkessel liefert 250 kW thermische Nennleistung zur Deckung der Grund- und Mittellast. Zur Spitzenlastabdeckung wird der 400 kW Erdgas-Kessel aus dem aktuellen Bestand herangezogen.

Abbildung 14 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern für die Variante 2 der Betrachtung der alternativen Wärmeversorgung des Schulzentrums. Es wird ein Pufferspeicher vor-

gesehen um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomasse-Kessel ergeben sich etwa 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Der jährliche Brennstoffbedarf beläuft sich auf ca. 294 Tonnen Hackgut und rund 239.000 kWh_{hs} Erdgas.

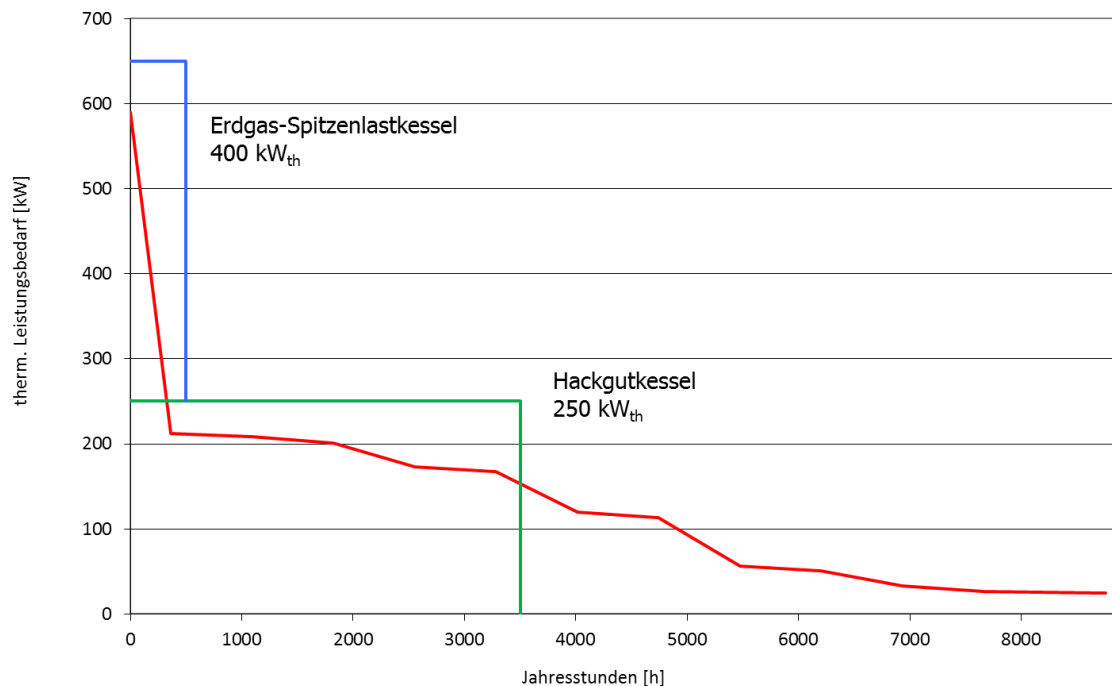


Abbildung 14: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 2 – Hackgut-Kessel

Wärmeerzeuger		Hackgut-Kessel	Erdgas-Kessel
Nennwärmeleistung	[kW]	250	400
Elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.500	501
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	875.000	200.500
Anteil an der Wärmeerzeugung	[%]	87	20
Erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-
Verbrauch	[kWh _{hi} /a]	1.029.000	216.000
	[t/a] / [kWh _{hs} /a]	294	239.000

Variante 3: Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz in der Amberger Straße (Heizzentrale Naturenergie GmbH) ab der PsoriSol-Klinik

Wie bereits in Kapitel 3.1.5 beschrieben betreibt die Firma Naturenergie Hersbruck GmbH ein großes Hackschnitzel-Heizkraftwerk in der Amberger Straße. Ein Teil des Wärmenetzes wird von der Firma Naturenergie selbst betrieben, anschließend an diesen Netz-Teil betreibt die HEWA GmbH selbst ein

Wärmenetz. Dabei wird die Wärme vom Heizwerk der Firma Naturenergie mit bereitgestellt und von der HEWA GmbH zugekauft. Der Netzverlauf endet aktuell bei der PsoriSol-Hautklinik.

Es soll im Rahmen dieser Studie mit geprüft werden wie sich im Vergleich der Varianten ein möglicher Anschluss an das Fernwärme-Bestandsnetz auf Höhe der PsoriSol-Klinik darstellt. Abbildung 15 zeigt hierzu den möglichen Trassenverlauf der Fernwärmeleitung. Hier in Grün schraffiert ist die PsoriSol-Klinik, als der potenzielle Anschlusspunkt an das bestehende Fernwärmenetz.

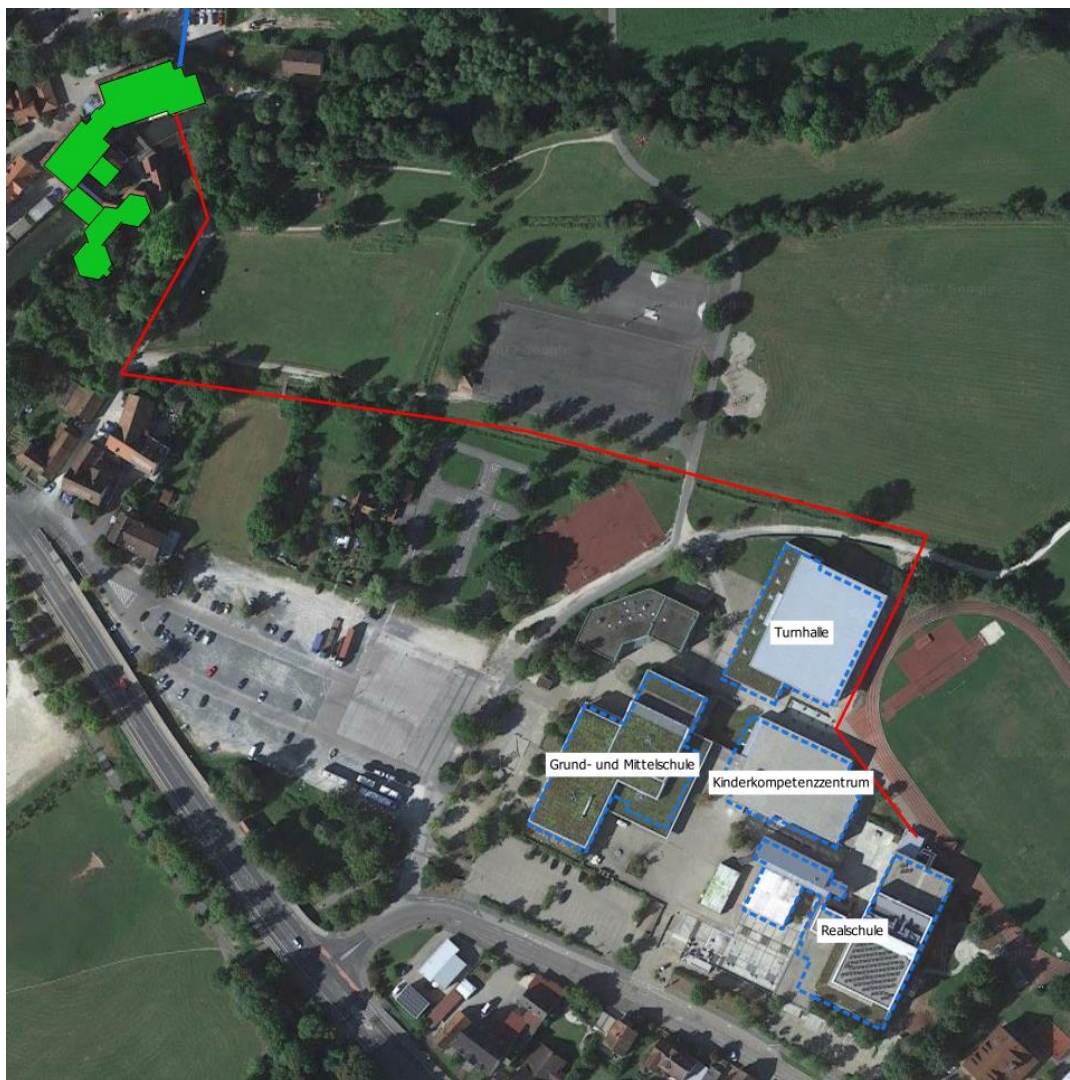


Abbildung 15: Potenzieller Leitungsverlauf bei Wärmeversorgungsvariante 3 Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps)

Bei der dritten Wärmeversorgungsoption wird der Anschluss an das Fernwärme-Bestandsnetz über eine Fernwärmeleitung bewerkstelligt. Es müssten rund 600 m Fernwärmeleitung verlegt werden. Der Anschluss an die Verteilung im Heizraum der Realschule erfolgt mittels Wärmeübergabestation,

welche die Spitzenlast von 600 kW thermischer Leistung erbringen können muss. Der 720 kW Erdgaskessel kann als Redundanz beibehalten werden.

Abbildung 16 zeigt die Jahresdauerlinie mit dem Fernwärmeanschluss als Wärmeerzeuger für das Schulzentrum. Es ergeben sich rund 1.800 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 1.086.000 kWh Wärme ab dem Anschluss an das Bestands-Netz bezogen, einschließlich einer Verlustwärme von rund 79.000 kWh pro Jahr.

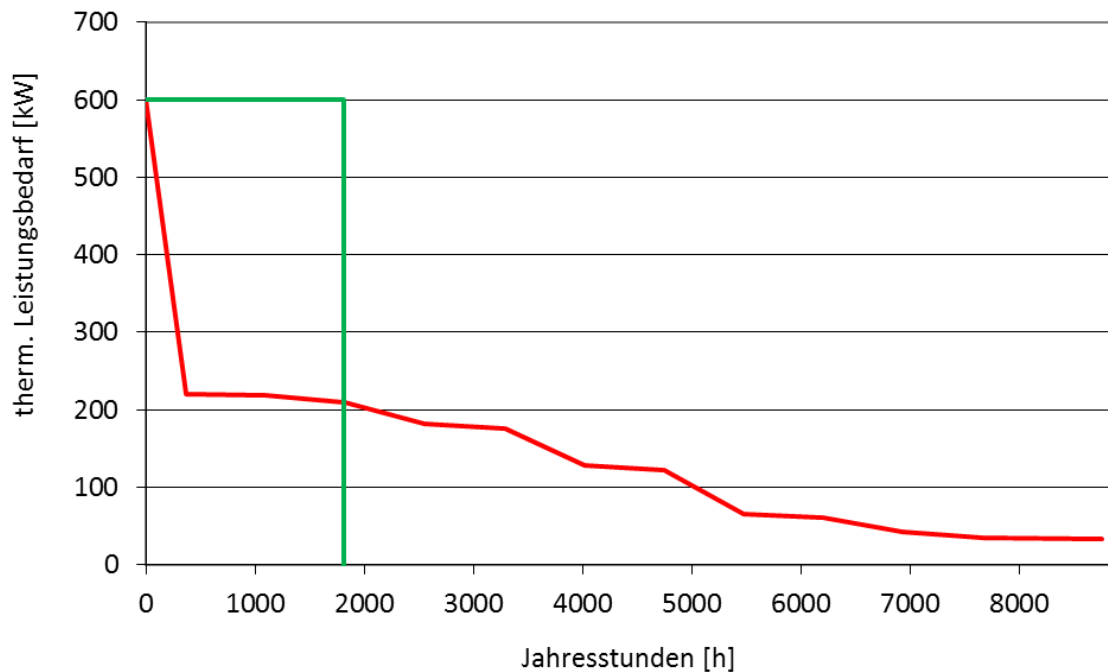


Abbildung 16: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 3 – Fernwärme-Anschluss

Wärmeerzeuger		Fernwärmeanschluss	Erdgas-Kessel
Nennwärmeleistung	[kW]	600	-
Elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.810	-
Bezogene Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.007.000	-
Anteil an der Wärmeerzeugung	[%]	100	-
Erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-
Wärme ab Anschlusspunkt	[kWh/a]	1.086.000	-

6.1.3 Wirtschaftliche Grundannahmen für die Detailbetrachtung

Die nachfolgend aufgeführten wirtschaftlichen Grundannahmen gelten für alle in dieser Studie untersuchten Versorgungsvarianten soweit nicht anders beschrieben. Basierend auf den entwickelten Energieversorgungsvarianten wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei wurden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten ermittelt. Die Jahresgesamtkosten geben an, welche Kosten für eine Energieversorgungsvariante unter Berücksichtigung von Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten, sonstigen Kosten und eventuellen Einnahmen durch Stromproduktion jährlich anfallen. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende Grundannahmen:

- Das Bezugsjahr ist 2016
- Der Betrachtungszeitraum beträgt 15 Jahre
- Alle angesetzten Preise sind Nettopreise
- Bestehende Anlagen gelten als vollständig abgeschrieben
- Die Abschreibungen für Neuinvestitionen erfolgen linear über 15 Jahre
- Der kalkulatorische Zinssatz beträgt konstant 2 % über 15 Jahre, sofern nicht anders beschrieben
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, eventuelle Preissteigerungen werden gesondert über eine Sensitivitätsanalyse erfasst
- Die Einnahmen aus Stromeinspeisung bleibt im Betrachtungszeitraum konstant, der Einfluss durch Veränderungen im Strompreis wird qualitativ wiedergegeben
- Strom aus Erdgas-Blockheizkraftwerken wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) vergütet, für das eingesetzte Erdgas kann die Energiesteuer rückerstattet werden

Folgende **Kosten** bzw. **Erlöse** wurden berücksichtigt:

- Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten
- Betriebsgebundene Kosten für die einzelnen Anlagenkomponenten (Wartung, Instandhaltung, technische Überwachung, etc.)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoff und Hilfsenergie)
- Sonstige Kosten (Verwaltung, Versicherung)

- Erlöse aus der Stromeinspeisung bzw. Stromeigennutzung

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 abgenommenen 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.

Betrachtete Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen im Einzelnen:

- Wärmeerzeuger
- Umbaumaßnahmen
- Pufferspeicher
- Brennstofflager (pauschale Bauarbeiten)
- Technische Installationskosten
- Projektabwicklung
- Sicherheitszuschlag

Die Investitionskosten beziehen sich auf eine Erneuerung der Wärmeerzeuger. Eine Erneuerung der Heizungsverteilung, die Installation einer Gebäudeleittechnik oder sonstige Maßnahmen wurden nicht berücksichtigt.

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) wurden pauschal angesetzt.

Die **verbrauchgebundenen Kosten** setzen sich aus den Brennstoffkosten und Kosten für Hilfsenergie zusammen. Für die Brennstoffe selbst wurden folgende Netto-Preise zu Grunde gelegt:

- Erdgas: 3,88 Cent/kWh_{H₂}
- Hackschnitzel: 110 €/t (Hackgutkessel), (H_i=3,5 kWh/kg)
- Strom (Hilfsenergie): 18 Cent/kWh

Die **sonstigen Kosten** umfassen Kosten für Verwaltung und Versicherung. Die Versicherungskosten wurden mit 0,5 % - 1,5 % (je nach Anlage) der Investitionskosten für die Anlagentechnik angesetzt.

Berücksichtigte Einnahmen

Bei KWK-Anlagen wird neben thermischer Energie auch elektrische Energie bereitgestellt, die entweder im versorgten Objekt selbst genutzt werden kann (Stromeigennutzung), oder in ein Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist werden kann (Stromeinspeisung).

Für KWK-Anlagen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, richtet die Stromvergütung nach den Regelungen des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz in der aktuellen Fassung aus dem Jahr 2017 [KWK-G]. Zusätzlich wird nach dem Energiesteuergesetz eine Steuerentlastung für die eingesetzten Brennstoffe gewährt [EnergieStG].

Die Vergütung des eingespeisten Stroms richtet sich nach dem sogenannten üblichen Preis an der Strombörse in Leipzig (EEX Baseload). Im Rahmen der vorliegenden Studie wird für den eingespeisten Strom ein üblicher Preis von ca. 3 Cent(kWh (Mittelwert) angenommen. [EEX BS]

Das KWK-G verpflichtet den Netzbetreiber zur Zahlung von Zuschlägen für den eingespeisten Strom bzw. für die Eigennutzung des Stroms aus KWK-Anlagen. In der aktuellen Fassung belaufen sich die Zuschläge, für Anlagen mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 50 kW oder weniger, auf 8 Cent/kWh für den eingespeisten Strom und 4 Cent/kWh auf den vor Ort selbst genutzten Strom. Für Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung zwischen 51 und 100 kW betragen die Zuschläge 6 Cent/kWh (Einspeisung) und 3 Cent/kWh (Eigennutzung). Die Zuschläge werden anteilig, je nach installierter elektrischer Leistung der Anlage, zugerechnet. Für KWK-Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 50 kW oder weniger werden die genannten Zuschläge für 60.000 Vollbenutzungsstunden ausgezahlt. Für Anlagen mit einer höheren elektrischen Leistung beträgt die Zuschlagsdauer 30.000 Vollbenutzungsstunden.

Durch die Stromeigennutzung vor Ort entstehen vermiedene Strombezugskosten. Diese können bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der KWK-Anlage als Einnahme den Ausgaben gegengerechnet werden.

Förderungen:

Je nach betrachteter Variante können unter Umständen zusätzlich unterschiedliche Fördermöglichkeiten beantragt werden. Eine Übersicht möglicher Förderungen ist in Anhang 2 wiedergegeben.

Sensitivitätsanalyse

Bei der Ermittlung der spezifischen Wärmegestehungskosten wird über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg von konstanten Brennstoffpreisen ausgegangen (statische Betrachtung). Da dies in der Regel in der Realität nicht der Fall ist, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, in der die Abhängigkeit der spezifischen Wärmegestehungskosten von der Entwicklung der Brennstoffkosten untersucht wurde. Von den „statisch“ ermittelten Wärmegestehungskosten ausgehend wurden prozentuale Steigerungen im Brennstoffpreis (25 %, 50 % und 100 % Preissteigerung) bzw. sinkende Brennstoffpreise (Senkung um 25% und 50%) berechnet und ihre Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten ermittelt.

6.1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Wärmeerzeugungsoptionen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gelten die zuvor in Kapitel 6.1.3 erläuterten Grundannahmen.

Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 17 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen, für die alternative Wärmeversorgung des Schulzentrums, geprüften Wärmeversorgungsoptionen dargestellt.

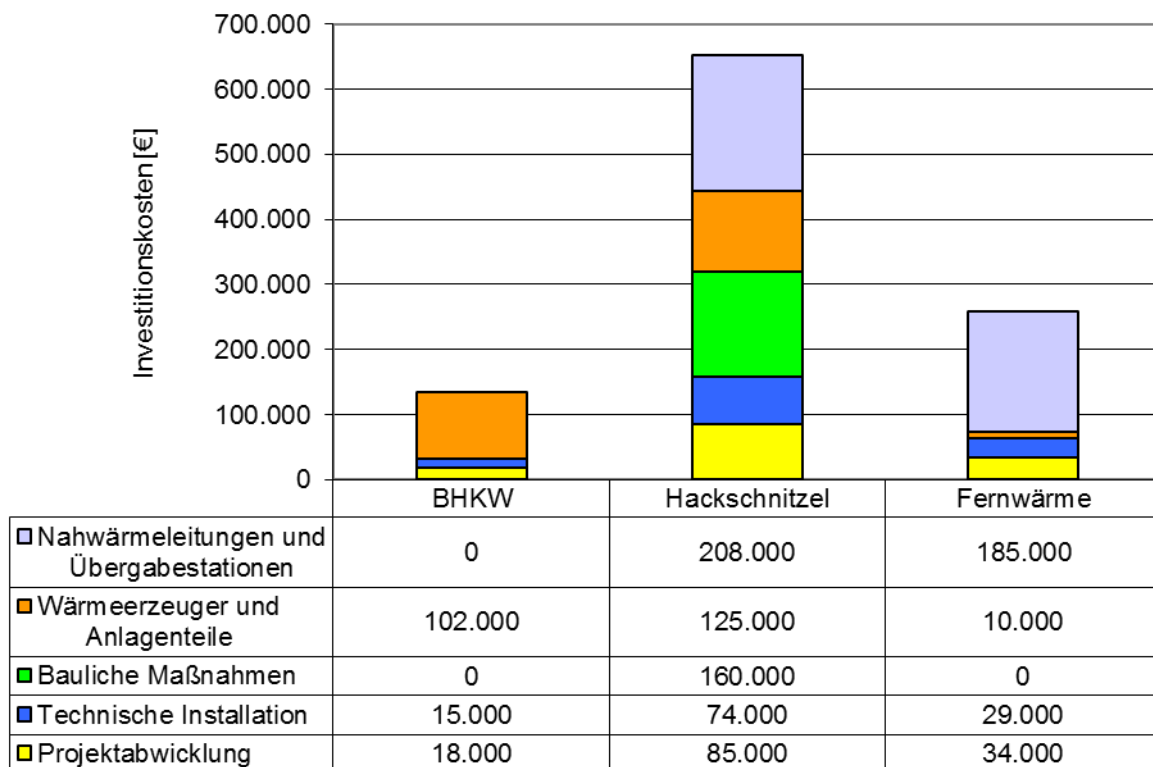


Abbildung 17: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die prognostizierten Investitionskosten

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten 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.

Die jährlichen Ausgaben

Aus den Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode die jährlichen Kapitalkosten gebildet, die sich zusammen mit den Betriebskosten, den Verbrauchsgebundenen Kosten und den sonstigen Kosten, die nach den wirtschaftlichen Grundannahmen in Kapitel 6.1.3 berechnet werden, zu den Jahresgesamtkosten addieren. Die Aufteilung der jährlichen Ausgaben auf die einzelnen Kostenarten ist in Abbildung 18 dargestellt.

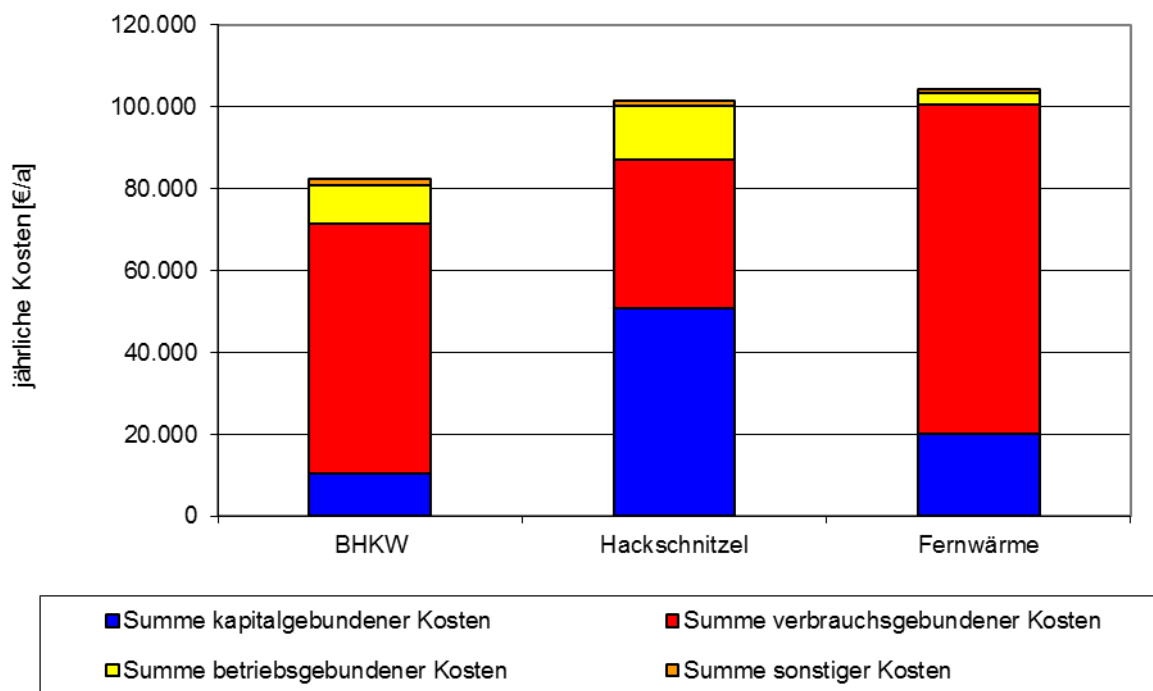
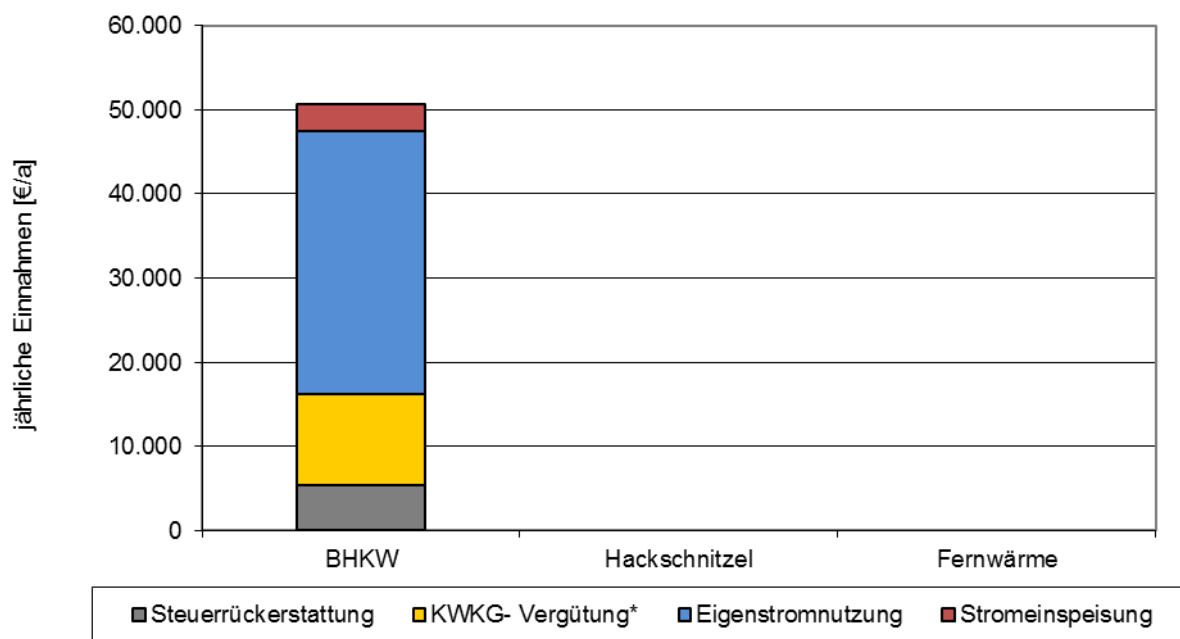


Abbildung 18: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die jährlichen Ausgaben

Die jährlichen Einnahmen

In Abbildung 19 sind die jährlichen Einnahmen der geprüften Varianten dargestellt, welche sich durch die Stromproduktion mit dem Einsatz von KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ergeben. Unter den in dieser Betrachtung untersuchten Wärmeerzeugungsoptionen können einzig mit dem Erdgas-BHKW Einnahmen erzielt werden. In dieser Variante resultieren die Einnahmen aus der Netzeinspeisung bzw. aus der Eigennutzung des produzierten Stroms nach dem KWK-Gesetz.



* KWK-Zuschlag gemittelt über Abschreibungszeitraum von 15a

Abbildung 19: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die jährlichen Einnahmen

Die Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten

Abbildung 20 gibt die kalkulierten Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten der einzelnen Wärmeerzeugungsoptionen wieder. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen und sonstigen Kosten abzüglich der erzielten Einnahmen. 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 Wärmeversorgungsanlagen. So müssen sich alternative Konzepte zur Wärmebereitstellung stets gegenüber den spezifischen Wärmegestehungskosten im Ist-Zustand messen.

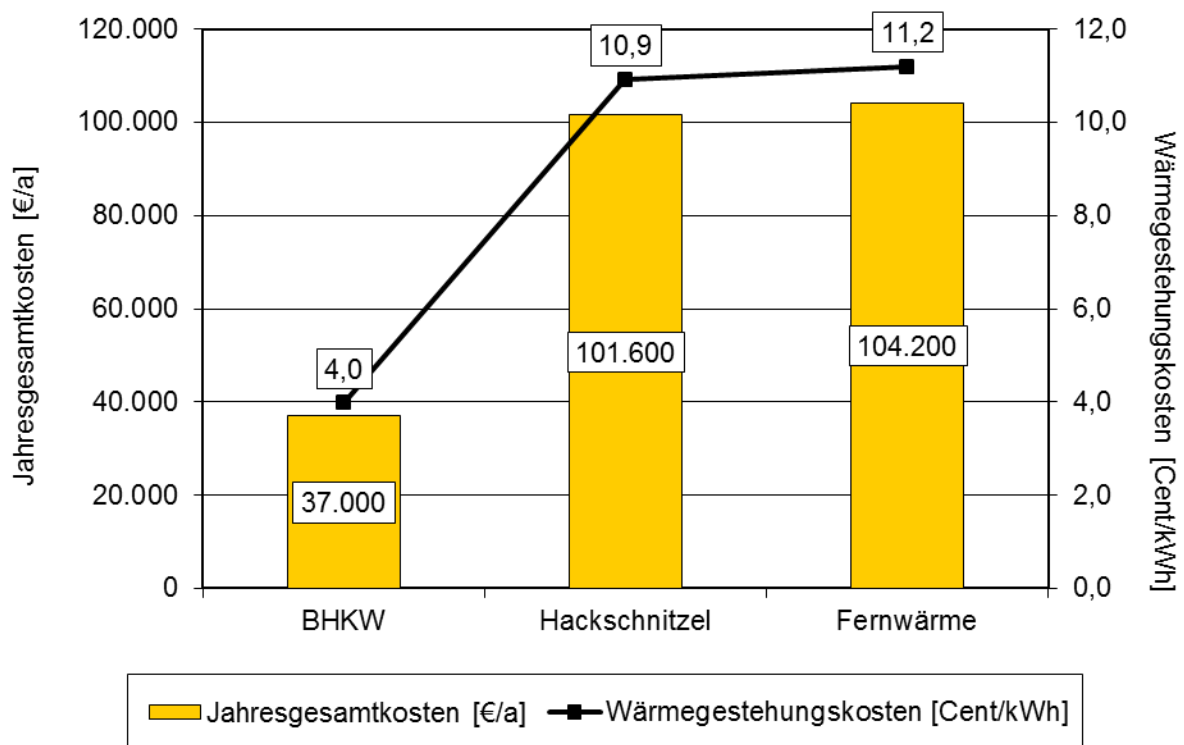


Abbildung 20: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten

Die Sensitivitätsanalyse

Um den Einfluss sich verändernder Brennstoffkosten aufzuzeigen wurde eine Sensitivitätsanalyse der Wärmebereitstellungskosten unter Variation der Brennstoffkosten durchgeführt. Die eingekaufte Fernwärme vom Bestandsnetz wird vereinfacht als eingesetzter Brennstoff angesehen. Tabelle 6 zeigt die resultierenden Wärmebereitstellungskosten durch veränderte Brennstoffkosten für die drei betrachteten Wärmeerzeugungsoptionen.

Tabelle 6: Sensitivitätsanalyse der Wärmeversorgungsoptionen bezüglich variabler Brennstoffkosten

Änderung Brennstoffkosten	-50%	-25%	0%	+25%	+50%	+100%
Wärmebereitstellungskosten	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh
Erdgas-BHKW	0,7	2,4	4,0	5,6	7,3	10,5
Hackgutkessel	9,1	10,0	10,9	11,8	12,7	14,6
Fernwärmeanschluss	6,9	9,0	11,2	13,3	15,5	19,8

Die im Ist-Zustand günstigste Variante mit der Installation eines Erdgas-BHKWs zeigt bei der Betrachtung des Einflusses steigender Brennstoffkosten, dass sich bei einer Steigerung des aktuellen Brennstoffpreises von 3,88 Cent/kWh_{HS} um 100 %, also einer Verdoppelung des aktuellen Brennstoffpreises, Wärmebereitstellungskosten von 10,5 Cent/kWh ergeben würden. Somit würde sich diese Wärmeversorgungsoption immer noch günstiger darstellen als die beiden alternativen Varianten im Ist-Zustand.

Neben den Brennstoffkosten (Erdgas, Hackschnitzel, Fernwärmeeinkauf) können auch die Stromkosten und die kapitalgebundenen Kosten variieren. Diese werden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse nicht explizit untersucht, jedoch kann qualitativ die Aussage getroffen werden, dass sich steigende Strompreise durch die hohe Stromeigennutzung vor Ort für die Variante Erdgas-BHKW wirtschaftlich vorteilhaft auswirken.

Die CO₂-Bilanz der 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) mit berücksichtigt. Die Faktoren der CO₂-Äquivalente wurde mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs (Prozesskette siehe Anhang). Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 21 dargestellt.

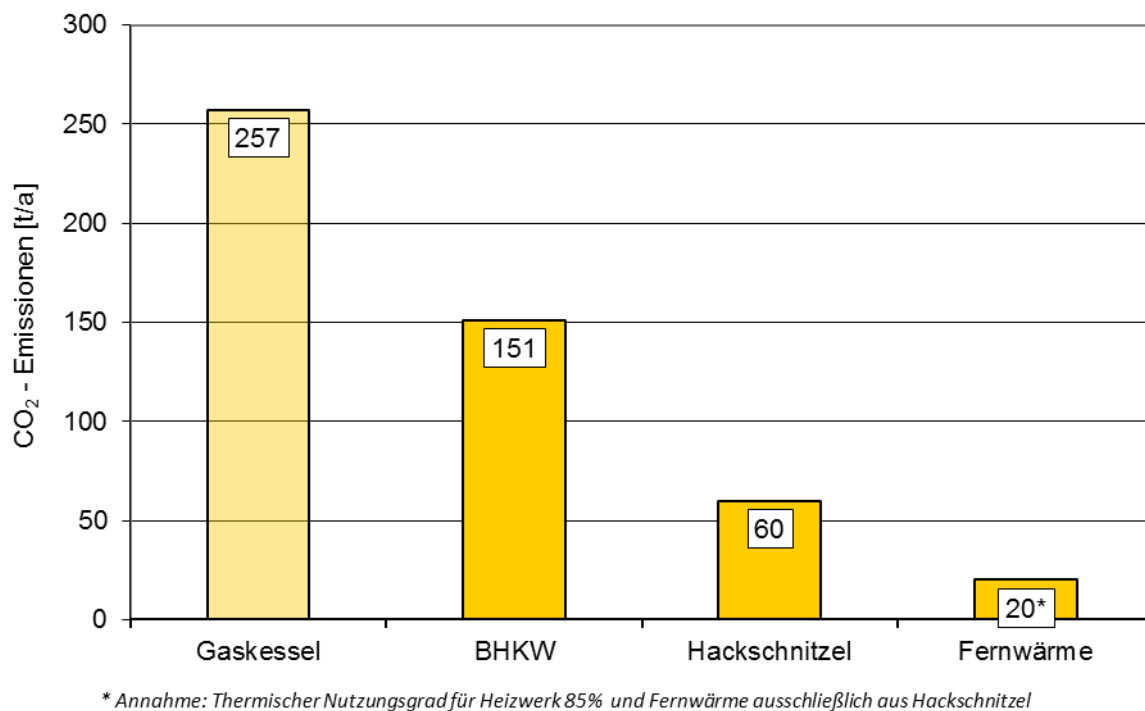


Abbildung 21: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die CO₂-Bilanz

Zusammenfassung

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammenfassend dargestellt. Die niedrigsten Kosten ergeben sich bei der Erdgas-BHKW-Variante mit 4,0 Cent/kWh. Die geringsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei den Varianten auf Biomasse-Basis. Der Anschluss an das Fernwärmenetz weist dabei die beste CO₂-Bilanz auf. Die Errichtung eines separaten Heizhauses für die Installation eines Hackgutkessels mit Anbindung des Schulzentrums über eine Fernwärmeleitung stellt die Variante mit den deutlich höchsten Investitionskosten dar.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Betrachtung einer alternativen Wärmeversorgung Schulzentrum Happurger Straße

		Erdgas-BHKW	Hackgutkessel	Fernwärmeanschluss
Investitionskosten	[€]	135.000	652.000	258.000
Jahresgesamtkosten	[€]	37.000	102.000	104.000
Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh]		4,0	10,9	11,2
inklusive Förderung	[€-Cent/kWh]	4,0	10,1	10,9
CO ₂ -Bilanz	[t/a]	151	60	20

6.2 Detailprojekt 2: Prüfung der Erneuerung eines bestehenden Klärgas-BHKWs auf der örtlichen Kläranlage

6.2.1 Ausgangslage

Auf der Kläranlage der Stadt Hersbruck wird der anfallende Klärschlamm in einem Faulturm anaerob behandelt und somit Klärgas erzeugt, welches vor Ort in einem Klärgas-BHKW (80 kWel; Baujahr 2004) in Strom und Wärme umgewandelt wird. Sowohl Strom, als auch Wärme werden größtenteils vor Ort wieder verbraucht. Teilweise wird Überschussstrom in das öffentliche Netz eingespeist.



Abbildung 22: Luftbild der Kläranlage Hersbruck (© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung)

Das BHKW ist eine Contracting-Anlage des Anbieters Siemens AG. Es handelt sich bei dem Anbietermodell um ein Einspar-Contracting. Das bedeutet die Stadt Hersbruck führt einen jährlichen Festbetrag für die Contracting-Anlage ab, im Gegenzug garantiert der Anbieter der Anlage eine jährliche Stromeinsparung. Sollte diese Einsparung nicht erreicht werden, erhält die Stadt einen entsprechenden Anteil der Kosten zurückerstattet. Da sich die zu erreichende Einsparung nach dem Ausgangs-

stand zu Beginn des Contracting-Vertrags bezieht und auf der Kläranlage in Hersbruck zwischenzeitlich durch Effizienzsteigerungen im Bereich der Prozesse vor Ort ergeben haben ergeben sich für die Stadt Hersbruck aus dieser Konstellation praktisch keine Vorteile mehr.

Mit dem EEG 2017 wurde eine Übergangsregelung geschaffen, die es ermöglicht eine Bestandsanlage die vor dem 01.08.2014 in Betrieb genommen wurde zu erneuern, ohne die gesetzlich verankerte EEG-Umlage auf selbst genutzten Strom abführen zu müssen. Gleichzeitig ermöglicht es diese Übergangsregelung die elektrische Leistung des Bestands-BHKWs bei einer Erneuerung der Bestands-Anlage die installierte elektrische Leistung noch um bis zu 30 % zu erweitern. Es soll nun im Rahmen dieses Konzeptes soll geprüft werden, ob ein vorzeitiger Ausstieg aus dem Contracting-Vertrag im Jahr 2017 für die Stadt Hersbruck wirtschaftlich sinnvoll ist oder nicht.

6.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener BHKW Varianten

Im Rahmen dieser Detailbetrachtung werden verschiedene BHKW Optionen geprüft und die jährlichen Gesamtkosten für die Energieversorgung der Kläranlage ermittelt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 8 ausführlich dargestellt.

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener BHKW-Optionen zur Erneuerung des Bestands-Klärgas-BHKWs auf der Kläranlage Hersbruck

Kläranlage Hersbruck						
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
	2 BHKW 50 kW	2 BHKW 50 kW	2 BHKW 40 kW	BHKW 100 kW	BHKW 90 kW	
Alle Kosten Netto	2G	Sokratherm	Comuna	2G	comuna	
Klärgaserzeugung	1.566.667	1.566.667	1.566.667	1.566.667	1.566.667	kWh/a
Klärgasverbrauch	1.566.667	1.566.667	1.566.667	1.566.667	1.566.667	kWh/a
Kosten Klärgas	0	0	0	0	0	
Heizölverbrauch	0	0	0	0	0	kWh/a
Heizölkosten	50	50	50	50	50	Ct/l
	0	0	0	0	0	€/a
Stromverbrauch	720.000	720.000	720.000	720.000	720.000	kWh/a
Stromeigennutzung BHKW	480.519	469.212	423.987	441.463	384.704	kWh/a
Strombezug EVU	239.481	250.788	296.013	278.537	335.296	kWh/a
Stromkosten	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	Ct/kWh
	47.957	50.222	59.278	55.779	67.145	€/a
Wärme-/Stromerzeuger						
BHKW 1						
Thermische Leistung	70	84	84	108	138	kW
Elektrische Leistung	50	50	42	100	90	kW
eta el Datenblatt	0,345	0,338	0,3	0,386	0,32	
el Nutzungsgrad (wegen Teillastbetrieb)	0,34	0,332	0,3	0,35	0,305	
FWL	147	151	140	286	295	kW
Vbh	7.500	7.500	7.500	5.483	5.309	h/a
Wärmeerzeugung	525.000	630.000	630.000	592.200	732.678	kWh/a
Stromerzeugung netto	363.750	363.750	305.550	531.883	463.498	kWh/a
Klärgasverbrauch	1.102.941	1.129.518	1.050.000	1.566.667	1.566.667	kWh/a
BHKW 2						
Thermische Leistung	70	84	84			kW
Elektrische Leistung	50	50	42			kW
eta el	0,34	0,332	0,3			
FWL	147	151	140			kW
Vbh	3.153	2.903	3.690			h/a
Wärmeerzeugung	220.733	243.824	310.000			kWh/a
Stromerzeugung netto	152.937	140.779	150.350			kWh/a
Erdgasverbrauch	463.725	437.149	516.667			kWh/a
Kessel						
Wärme Kessel						
Heizölverbrauch						

BHKW und Bedienung						
Stromproduktion gesamt	516.687	504.529	455.900	531.883	463.498	kWh/a
Vollbenutzungsstunden Gesamt	5.167	5.045	5.427	5.319	5.150	h/a
Anteil Stromeigennutzung	93	93	93	83	83	%
Stromeigennutzung	480.519	469.212	423.987	441.463	384.704	kWh/a
Stromeinspeisung	36.168	35.317	31.913	90.420	78.795	kWh/a
Vergütung Stromeinspeisung	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	Ct/kWh
	1.085	1.060	957	2.713	2.364	€/a
KWK- Zuschlag						
Eigennutzung KWK bis 50 kW	9.610	9.610	9.610	8.829	8.549	€/a
Eigennutzung KWK 50 bis 100 kW	7.208	7.208	7.208	6.622	5.129	€/a
Einspeisung KWK bis 50 kW	1.447	1.447	1.447	3.617	3.502	€/a
Einspeisung KWK 50 bis 100 kW	1.085	1.085	1.085	2.713	2.101	€/a
EEG Abgabe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ct/kWh
	0	0	0	0	0	€/a
Energiesteuerrückerstattung	0	0	0	0	0	Ct/kWh
	0	0	0	0	0	€/a
Wartungskosten BHKW	2,20	2,30	1,40	2,50	2,50	€/Bh
	vbh x 1,2	vbh x 1,2	vbh x 1,2	ganzjährig	ganzjährig	
Betriebsstunden	12.400	12.109	13.026	8.700	8.700	h/a
Wartungskosten BHKW	27.281	27.850	18.236	21.750	21.750	€/a
Bedienungsaufwand	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	€/a
Sonstiges (1% vom Invest)	2.200	2.200	2.200	1.800	1.700	€/a

Zusammenfassung							
	Investitionskosten	220.000	220.000	220.000	180.000	170.000	€/a
Summe Kapitalgebundene Kosten		17.100	17.100	17.100	14.000	13.200	€/a
	Klärgaskosten	0	0	0	0	0	€/a
	Stromkosten	47.957	50.222	59.278	55.779	67.145	€/a
	Heizölkosten	0	0	0	0	0	€/a
Summe Verbrauchsgebundene Kosten		48.000	50.200	59.300	55.800	67.100	€/a
Summe Betriebsgebundene Kosten		28.500	29.100	19.400	23.000	23.000	€/a
Summe sonstige Kosten		2.200	2.200	2.200	1.800	1.700	€/a
Einnahmen und Ausgaben Stromerzeugung							
Einnahmen BHKW		20.435	20.409	20.307	24.493	21.645	€/a
Ausgaben (EEG Abgabe)		0	0	0	0	0	€/a
Summe Einnahmen		20.400	20.400	20.300	24.500	21.600	€/a
Jahresgesamtkosten		75.400	78.200	77.700	70.100	83.400	€/a
Zeitraum KWK-Zuschlag		5,8	5,9	5,5	5,6	5,8	a
Betrachtungszeitraum		15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	a
Mittelwert Jahresgesamtkosten 10 Jahre		87.300	89.900	89.900	83.700	95.200	€/a

Zusammenfassung

Die niedrigsten Jahresgesamtkosten für die Energieversorgung der Kläranlage in Hersbruck ergeben sich bei der Erneuerung der Bestands-Anlage durch ein neues Klärgas-BHKW mit einer elektrischen Nennleistung von 100 kW. Die jährlichen Gesamtkosten belaufen sich auf rund 83.700 €. Dabei ist die im EEG 2017 verankerte Übergangsregelung berücksichtigt, das Bestands-BHKW sollte also noch in 2017 erneuert werden.

6.3 Detailprojekt 3: Prüfung einer Erweiterung der Heizzentrale des Wärmenetzes „Am Haidplatz“ um ein zweites BHKW

6.3.1 Ausgangslage

Die HEWA GmbH betreibt ein Nahwärmenetz rund um den Haidplatz in Hersbruck. Zur Grundlasterzeugung ist hier ein Biomethan-BHKW installiert, gepaart mit einem Erdgas-Spitzenlastkessel (Inbetriebnahme jeweils 2013). Im Rahmen des Energienutzungsplanes haben sich bei der Datenauswertung Potenziale zur Erweiterung der Heizzentrale im Grund- und Mittellastbereich aufgezeigt. In Absprache mit der HEWA GmbH soll dieses Netz aufgegriffen und eine Erweiterung der Heizzentrale um ein zweites BHKW geprüft werden.

Abbildung 23 zeigt den aktuellen Netzverlauf des Wärmeverbundes. Die Heizzentrale befindet sich in einem separaten Heizhaus (blau schraffiert), angrenzend an die Kinderkrippe. Als Datenbasis liegen die Verbräuche der Jahre 2014 bis 2016 vor. Da das Wärmenetz seit Inbetriebnahme 2013 jährlich kontinuierlich erweitert wurde, werden für diese Betrachtung die Werte des Jahres 2016 herangezogen und die in 2016 angeschlossenen Verbraucher sinnvoll auf einen jährlichen Gesamtverbrauch extrapoliert.



Abbildung 23: Anschließer und Netzverlauf des Wärmeverbundnetzes "Am Haidplatz" in Hersbruck

Tabelle 9: Zusammenfassung der wichtigsten Eckdaten des Wärmenetzes "Am Haidplatz"

Netz*	
Abnehmer	18 -
Wärmeabnahme	562.000 kWh/a
Leitungslänge	750 m
Biomethan-/Erdgaseinsatz	899.000 kWh _{hs} /a
BHKW	
Leistung elektrisch	20 kW
Leistung thermisch	39 kW
Feuerungswärmeleistung	61 kW
Erdgaskessel	
Leistung thermisch	390 kW

* Verbrauchsdaten für Anschließer 2016 extrapoliert

Das Netz versorgt überwiegend private Liegenschaften davon einige Reihenhäuser, sowie mehrere Mehrfamilienhäuser. Hinzu kommen die beiden kommunalen Liegenschaften Kindergarten und Kinderkrippe.

6.3.2 Technische Betrachtung einer Erweiterung der Heizzentrale

Aus dem ermittelten jährlichen Wärmebedarf kann die geordnete thermische Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund „Am Haidplatz“ bestimmt werden. Abbildung 24 zeigt zum einen diese Jahresdauerlinie, gleichzeitig sind hier die Bestands-Wärmeerzeuger Biomethan-BHKW und Erdgaskessel mit verzeichnet.

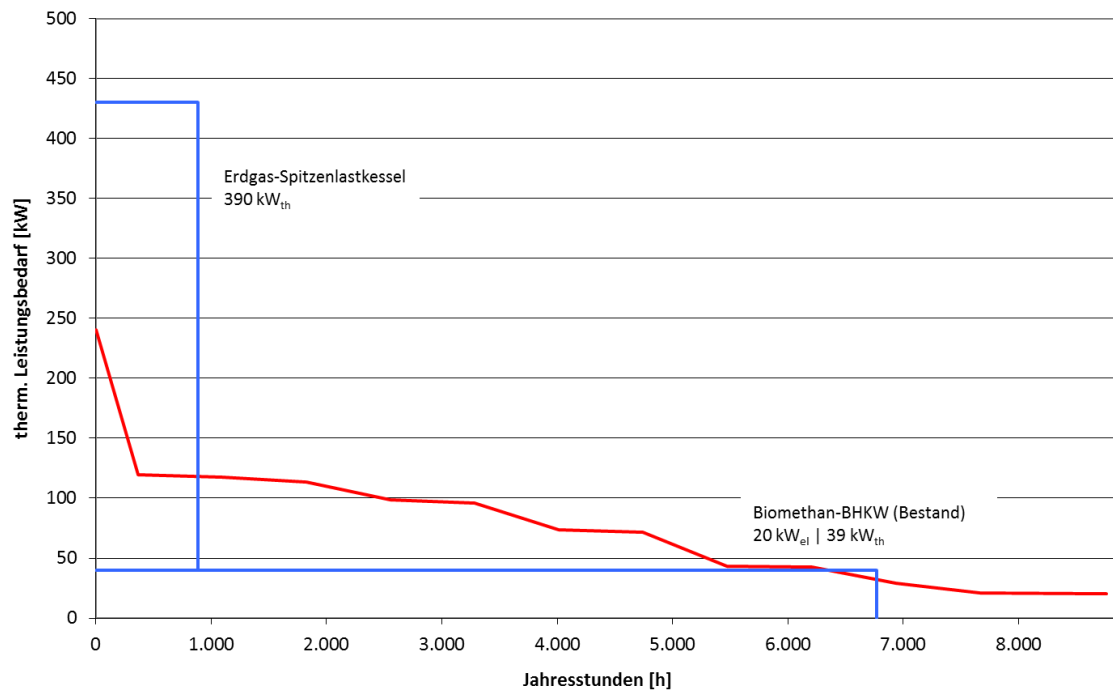


Abbildung 24: Die geordnete thermische Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund "Am Haidplatz" im Ist-Zustand



Abbildung 25: Wärmeerzeuger in der Heizzentrale des Wärmenetzes "Am Haidplatz" (BHKW rechts, Erdgaskessel links)

Im aktuellen Zustand weist das Bestands-BHKW eine bereits sehr gute Auslastung von knapp 6.800 Vollbenutzungsstunden pro Jahr auf. Die Jahresdauerlinie lässt erkennen, dass ein zweites BHKW in derselben Größenordnung noch sinnvoll in den Bestand zu integrieren wäre. Dieses Szenario ist in Abbildung 26 dargestellt.

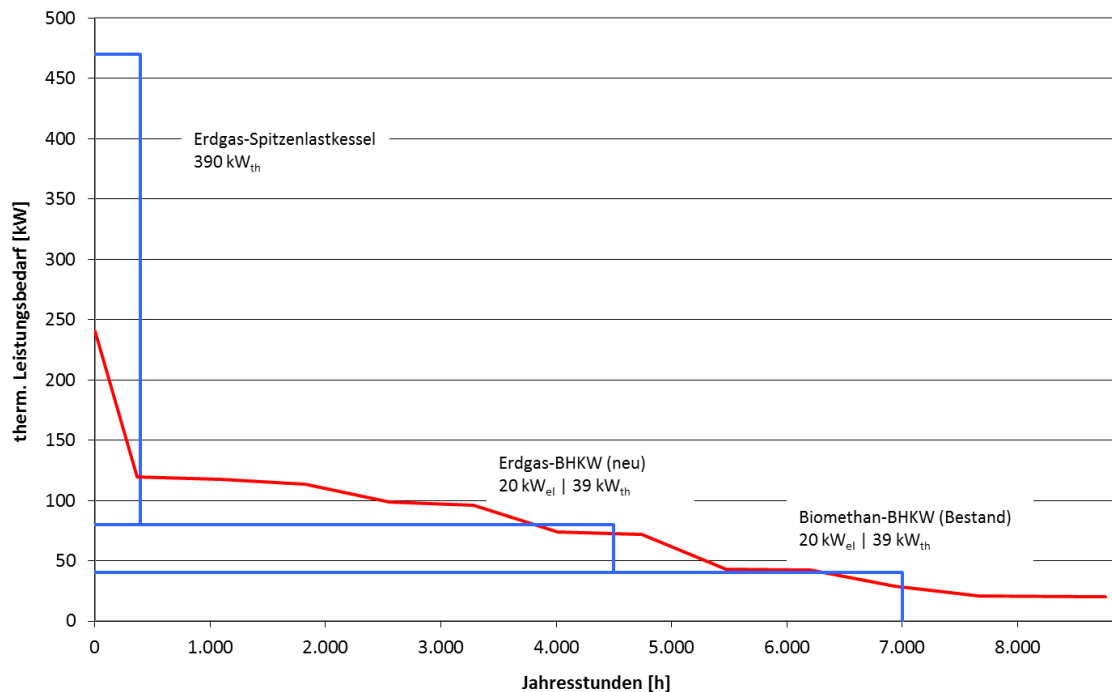


Abbildung 26: Die geordnete thermische Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund "Am Haidplatz" mit zweitem BHKW

Aktuell ist Kraft-Wärme-Kopplung auf der Basis von Biomethan wirtschaftlich nicht interessant, da die geringe Vergütung nach dem EEG, in Kombination mit dem höheren Einkaufspreis von Biomethan keine im Vergleich zu konventionellem Erdgas konkurrenzfähigen Strom- und Wärmegestehungskosten erzielen lässt. Ein potenzielles zweites BHKW wäre somit auf Erdgasbasis zu betreiben.

Dieses BHKW, vorzugsweise vom selben Typ um die Installation und Regelung zu erleichtern, würde im ersten Schritt etwa 4.500 Vollbenutzungsstunden erreichen und somit jährlich rund 180.000 kWh Wärme und rund 90.000 kWh Strom erzeugen. Der Anteil von Wärme aus effizienter Kraft-Wärme-Kopplung an der Gesamt-Wärmebereitstellung könnte sich somit von rund 45 % auf ca. 75 % steigern lassen. Die Laufzeiten des Gaskessels könnten sich dabei deutlich verringern lassen.

Wie am Trassenverlauf (Abbildung 23) angedeutet ist, könnten perspektivisch gesehen noch potenzielle Neubauten mit in den Verbund integriert werden. Die Heizzentrale bietet hierfür die entsprechenden Kapazitäten. Der Wärmeabsatz würde sich entsprechend erhöhen, was sich noch einmal positiv auf die Laufzeiten der Wärmeerzeuger auswirken würde.

7 Zusammenfassung

7.1 Vorgehensweise

Im Auftrag der Stadt Hersbruck und mit Förderung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert wurde ein Energienutzungsplan für die Stadt Hersbruck erstellt (Betrachtungsgebiet). Für die Bearbeitung des Energienutzungsplanes seitens der Stadt Hersbruck wurden die Stadtwerke Hersbruck, die HEWA GmbH betraut.

Ausgehend von einer umfangreichen Datenerfassung für das gesamte Stadtgebiet Hersbruck wurde zunächst detailliert die Energiebilanz im Ist-Zustand für das Bilanzjahr 2015 erfasst. Dabei wurden drei Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“ und „Gewerbe/Handel/Dienstleistung/Industrie/Landwirtschaft“ definiert. Die Verbrauchergruppe „Verkehr“ wurde definitionsgemäß nicht betrachtet. Auf Basis der Bestandsanalyse wurde straßenzugswises Wärmekataster erarbeitet.

Zentrales Element des Energienutzungsplanes war die Ausarbeitung eines Handlungsleitfadens, welcher konkrete Projekte zum weiteren Ausbau Erneuerbarer Energien, effizienter zentraler und dezentraler Energieversorgung und effizienzsteigernder Maßnahmen in der Stadt Hersbruck aufzeigen soll. Dieser Handlungsleitfaden wurde in enger Abstimmung mit der HEWA GmbH ausgearbeitet und während des Prozesses in mehreren Abstimmungsrunden konkretisiert. Um im Rahmen dieses Konzeptes erste Maßnahmen direkt anzustoßen, wurden drei exemplarische Leuchtturmprojekte umfassend auf Umsetzbarkeit hin geprüft (Detailprojekte).

7.2 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Ausgehend von der Datenanalyse für das Bilanzjahr 2015 beläuft sich im Betrachtungsgebiet der jährliche **Endenergiebedarf im Ist-Zustand** auf rund 206.878 MWh. Davon werden rund 153.935 MWh für die Wärmeversorgung aufgewendet. Zur Deckung des elektrischen Bedarfs werden pro Jahr rund 52.942 MWh Endenergie benötigt. Derzeit werden ca. 20 % der benötigten Wärme im Betrachtungsgebiet aus Erneuerbaren Energien bereitgestellt, während im Bereich der elektrischen Energien bilanziell 9 % des Bedarfs aus Erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Aus dem Gesamtendenergieverbrauch resultiert unter Gegenrechnung der im Betrachtungsgebiet bereits vorhandenen Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien ein Ausstoß von rund 62.508 Tonnen CO₂ pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 5,2 Tonnen CO₂ pro Kopf.

7.3 Maßnahmenkatalog und Detailprojekte

Eines der Kernziele des Energienutzungsplans war die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen **Maßnahmenkataloges**, der konkrete Handlungsempfehlungen aufzeigt, um den Anteil Erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz vor Ort zu erhöhen und Potenziale für effiziente Energieversorgung (zentral und dezentral) zu erschließen.

Hierfür wurden basierend auf der Bestandanalyse Projektvorschläge ausgearbeitet, die im Rahmen mehrerer Arbeitsbesprechungen mit den beteiligten Akteuren abgestimmt wurden. Die Projektvorschläge sollen erste Schritte zur Umsetzung der identifizierten Potenziale zur Effizienzsteigerung und zum Ausbau der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung aufzeigen. Des Weiteren wurde mit dem erstellten straßenzugsweisen Wärmekataster die Basis für die Entwicklung von Nahwärmeverbundlösungen oder Sanierungskampagnen gelegt.

Aus dem Maßnahmenkatalog wurden exemplarisch drei Leuchtturmprojekte ausgewählt und detailliert betrachtet:

- Im Rahmen der Datenauswertung der kommunalen Liegenschaften konnten im Bereich des Schulzentrums in der Happurger Straße in Hersbruck Potenziale für die Entwicklung einer alternativen Energieversorgung zu den bestehenden Erdgaskesseln identifiziert. Im Rahmen der Detailbetrachtung wurden drei verschiedene Optionen zu einer möglichen alternativen Wärmeversorgung geprüft. Zum einen wurde ein Erdgas-BHKW zur Grundlastdeckung geprüft, weiterhin die Errichtung eines externen Heizhauses für einen Hackschnitzelkessel und als dritte Option ein Anschluss an das Bestands-Fernwärmenetz in der Amberger Straße ab der PsoriSol Klinik. Alle Optionen wurden detailliert auf technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht.
- Ein zweites Detailprojekt behandelt die mögliche Erneuerung des Klärgas-BHKWs auf der Kläranlage in Hersbruck. Bezüglich des bestehenden Klärgas-BHKWs bestanden bereits zu Projektbeginn Überlegungen eine Erneuerung vorzunehmen. Diese Maßnahme wurde im Rahmen des Energienutzungsplanes detailliert auf technische Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft. Die Besonderheiten bei dieser Maßnahme sind zum einen ein bestehendes Energieeinspar-Contracting mit der Firma Siemens, welches in 2018 ausläuft, sowie eine besondere, im EEG 2017 verankerte Übergangsregelung zur Erneuerung von Bestandsanlagen und die hier für 2017 geltende Befreiung von der Pflicht auf den eigengenutzten Strom EEG-Umlage abzuführen.

- Eine dritte detailliert behandelte Maßnahme betrifft das bestehende Wärmenetz „Am Haidplatz“ in Hersbruck. Hier konnten bei der detaillierten Auswertung der durch die HEWA GmbH übermittelten Fernwärme-Absatzdaten das Potenzial zur Ergänzung der Heizzentrale um ein weiteres BHKW identifiziert werden. Hierzu wurde im Rahmen des Energienutzungsplanes eine detaillierte technische Betrachtung durchgeführt und der zukünftige Beitrag zur Wärmeversorgung im Wärmeverbund ermittelt.

8 Quellenverzeichnis

- [BAFA Sol] Webseite: www.solaratlas.de Abfrage des Bestands an Solarthermie-Anlagen bezüglich Fläche und Einsatzzweck mit Stand zum 31.12.2015, Abfrage vom 16.08.2016
- [BayVer] Bayerische Vermessungsverwaltung, GIS
- [EEG] Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017), Stand vom 01/2017
- [EEX BS] Üblicher Preis gemäß § 4 Abs. 3 Satz 3 KWKG 2016, Mittelwert von Quartal I/16 bis einschließlich Quartal IV/16, Internetseite: http://www.bhkw-infozentrum.de/statement/ueblicher_preis_bhkw.html
- [EnergieStG] Energiesteuergesetz (EnergieStG), Stand 01/2017
- [Fra Ind] Fragebögen Industriebetriebe, Anzahl Rückläufer: 15
- [Fra Kom] Fragebogen Kommunale Liegenschaften und Fragebogen Landkreisliegenschaften
- [GEMIS] IINAS GmbH Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, Version 4.9, Stand Juli 2014; Internetseite: <http://www.iinas.org/gemis-download-de.html>
- [HEB] Hersbruck.de - Stadtportrait – Stadtteile , Internetseite: <http://hersbruck.de/stadt-und-gaeste/stadtportrait/stadtteile/>, Zugriff am 08.04.2017
- [HEWA Ein] HEWA GmbH, Stromeinspeisung und installierte Leistung von EEG- und KWK-Anlagen für das Bilanzjahr 2015
- [HEWA Gas] HEWA GmbH, Erdgas-Absatzdaten für das Bilanzjahr 2015
- [HEWA Strom] HEWA GmbH, Strom-Absatzdaten für das Bilanzjahr 2015
- [HEWA Wae] HEWA GmbH, Fernwärme-Absatzdaten für das Bilanzjahr 2015 für die Wärmeverbundnetze Amberger Straße (Heizwerk Naturenergie GmbH), Am Haidplatz (HEWA) und Verbund Schulzentrum
- [Kaminkehrer] Auszugsweise Aufstellung der Kaminkehrerdaten für das Stadtgebiet Hersbruck, Übermittelt durch die HEWA GmbH, Stand 06/2016
- [KWKG] Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, Stand 12/2016

- [StaBa Bev] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; Bevölkerung (Anzahl), Stand 31.12.2015; Abfrage-Code 12111-101r; Abfrage vom 14.09.2016
- [StaBa FL] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, Stand 31.12.2015; Abfrage-Code 33111-001r; Abfrage vom 14.09.2016
- [StaBa Woh] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes, Stichtage 31.12.2015, 31.12.2013, 31.12.2000, 31.12.1995, 31.12.1990, 31.12.1987, Abfrage-Code 31231-001r;; Abfrage vom 11.10.2016
- [TfZ] Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe; Straubing, Förderprogramm „Bioklima“ vom 22.04.2015, Internetseite: http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/foerderung/dateien/150601_richtlinie_bioklima.pdf
- [Wiki HEB] Wikipedia – Hersbruck, Internetseite: <https://de.wikipedia.org/wiki/Hersbruck>; Abfrage vom 08.04.2017

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die geographische Lage des Stadtgebietes Hersbruck im Landkreis Nürnberger Land [Wiki HEB].....	9
Abbildung 2: Flächenverteilung im Stadtgebiet Hersbruck (eigene Darstellung, Datenquelle [StaBa FL]).....	10
Abbildung 3: Einwohnerzahl der letzten 10 Jahre im Stadtgebiet Hersbruck (eigene Darstellung, Datenquelle [StaBa Bev]).....	11
Abbildung 4: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Energieträgern	19
Abbildung 5: Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die drei Verbrauchergruppen im Betrachtungsgebiet	20
Abbildung 6: Anteil Erneuerbarer Energien am gesamten Strombedarf	21
Abbildung 7: Anteil Erneuerbarer Energien an der Bereitstellung thermischer Energie	22
Abbildung 8: Zusammenfassung Endenergieeinsatz und CO ₂ -Bilanz.....	23
Abbildung 9: Wärmekataster für die Stadt Hersbruck bei einer Anschlussdichte von 100 %	25
Abbildung 10: Luftbild der betrachteten Liegenschaften im Wärmeverbund Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps).....	30
Abbildung 11: Geordnete thermische Jahresdauerlinie des Verbundes Schulzentrum Happurger Straße	32
Abbildung 12: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 1 - Erdgas-BHKW.....	33
Abbildung 13: Potenzieller Standort Heizhaus bei Wärmeversorgungsvariante 2 Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps).....	34
Abbildung 14: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 2 – Hackgut-Kessel.....	35
Abbildung 15: Potenzieller Leitungsverlauf bei Wärmeversorgungsvariante 3 Schulzentrum (eigene Bearbeitung, Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung, Google Maps).....	36
Abbildung 16: Alternative Wärmeerzeuger Schulzentrum: Jahresdauerlinie der Variante 3 – Fernwärme-Anschluss	37

Abbildung 17: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die prognostizierten Investitionskosten	42
Abbildung 18: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die jährlichen Ausgaben	43
Abbildung 19: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die jährlichen Einnahmen	44
Abbildung 20: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten	45
Abbildung 21: Alternative Wärmeversorgung Schulzentrum - Die CO ₂ -Bilanz	47
Abbildung 22: Luftbild der Kläranlage Hersbruck (© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung)	49
Abbildung 23: Anschließer und Netzverlauf des Wärmeverbundnetzes "Am Haidplatz" in Hersbruck	55
Abbildung 24: Die geordnete thermische Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund "Am Haidplatz" im Ist-Zustand	56
Abbildung 25: Wärmeerzeuger in der Heizzentrale des Wärmenetzes "Am Haidplatz" (BHKW rechts, Erdgaskessel links)	56
Abbildung 26: Die geordnete thermische Jahresdauerlinie für den Wärmeverbund "Am Haidplatz" mit zweitem BHKW	57

10 Tabellenverzeichnis

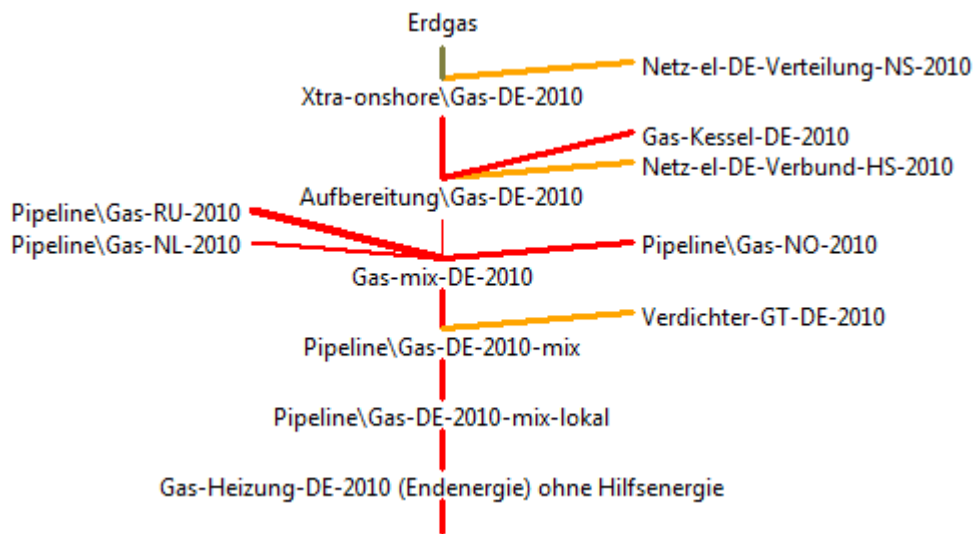
Tabelle 1: Die CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger.....	18
Tabelle 2: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Energieträgern	19
Tabelle 3: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach Verbrauchergruppen	20
Tabelle 4: Tabellarischer Maßnahmenkatalog	27
Tabelle 5: Wärmebedarf der Liegenschaften im Verbund Schulzentrum 2015 (Datenquelle [HEWA Wae])	31
Tabelle 6: Sensitivitätsanalyse der Wärmeversorgungsoptionen bezüglich variabler Brennstoffkosten	46
Tabelle 7: Zusammenfassung der Betrachtung einer alternativen Wärmeversorgung Schulzentrum Happurger Straße	48
Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener BHKW-Optionen zur Erneuerung des Bestands-Klärgas-BHKWs auf der Kläranlage Hersbruck.....	51
Tabelle 9: Zusammenfassung der wichtigsten Eckdaten des Wärmenetzes "Am Haidplatz"	55

Anhang 1 - Erstellte Prozessketten mit GEMIS 4.9

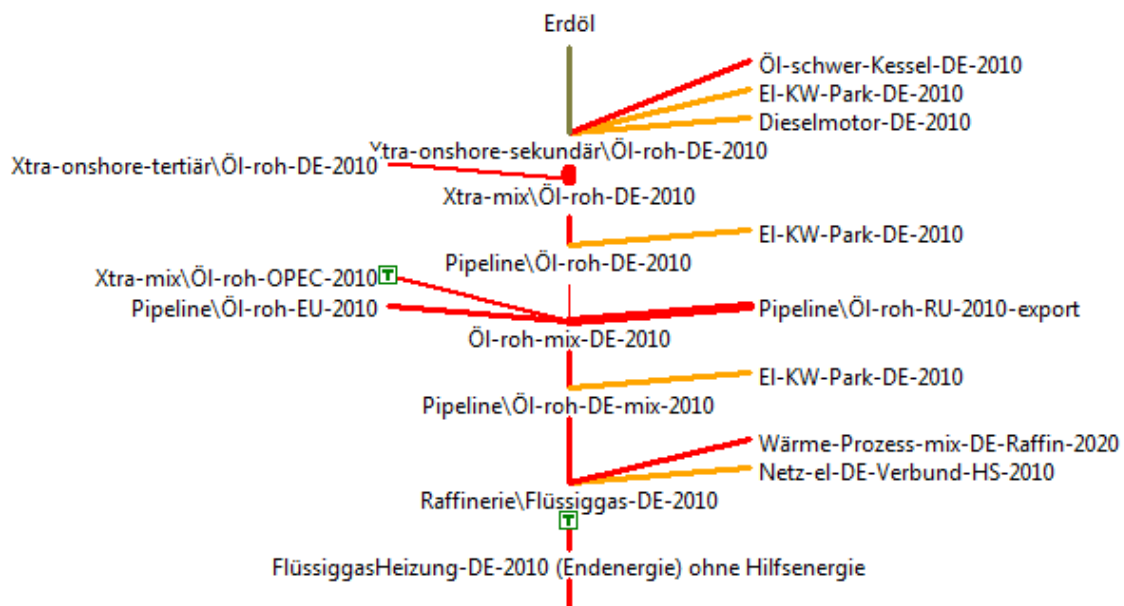
Ausführliche Übersicht der angesetzten CO₂-Äquivalente

CO ₂ -Äquivalente nach GEMIS 4.9 und eigenen Berechnungen IfE; 07/2014				
Brennstoff	CO ₂ -Äquivalent (Gesamte Prozesskette) [g/kWh]	Bezugsjahr	Bezeichnung in GEMIS 4.9	Bemerkung
Strom	624,460	2012	Netz-el-DE-Verteilung-MS-2012	Wert aus GEMIS-Standarddatenbank. Strommix auf Mittelspannungs-Verteilnetzebene
Erdgas	240,460	2010	Gas-Heizung-DE_2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Flüssiggas	260,590	2010	Flüssiggas-Heizung-DE_2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Heizöl EL	313,060	2010	Öl-Heizung-DE-2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Braunkohle	451,770	2000	Braunkohle-Brikett-Ofen-DE-rheinisch-2000 (Endenergie)	Wert aus GEMIS-Standarddatenbank. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Biogas	92,372	2010	Fermenter\Biogas-Mais70(OLUC)+Gülle30-DE-2010	Wert aus GEMIS-Standarddatenbank. Biogas aus 70% Mais (ohne Landnutzungsänderungen), 30% Rindergülle, auf kWh Biogas bezogen
Biomethan	113,250	2010	Aufbereitung\Biogas-Einspeisung-Mais70(OLUC)+Gülle30-gross-DE_2010	Wert aus GEMIS-Standarddatenbank. Biomethan aus 70% Mais (NawaRo ohne Landnutzungsänderungen), 30% Gülle, Einspeiseanlage 500 m ³ /h, Druckwechsel/PSA-Konzept
Holzpellets	17,582	2010	Holz-Pellet-Holz-wirtsch.-Heizung-10 kW-2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Hackschnitzel	14,165	2010	Holz-HS-Waldholz-Heizung_50 kW-2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Scheitholz	11,373	2010	Holz-Stücke-Heizung-DE-2010 (Endenergie) ohne Hilfsenergie	Eigene Prozessdefinition des IfE in GEMIS 4.9. Auf Endenergie bezogen, es kann direkt mit dem Brennstoffeinsatz weitergerechnet werden, ohne Nutzungsgrad berücksichtigen zu müssen.
Bezugsgröße: kWh Endenergie, Heizwert Hi				

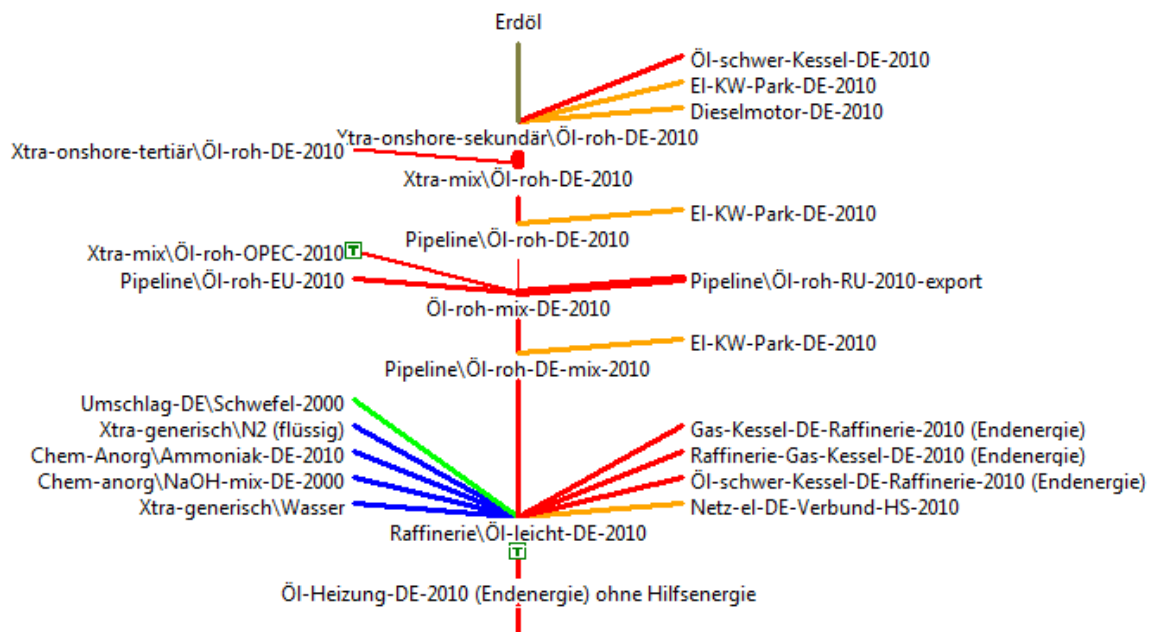
Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Erdgas



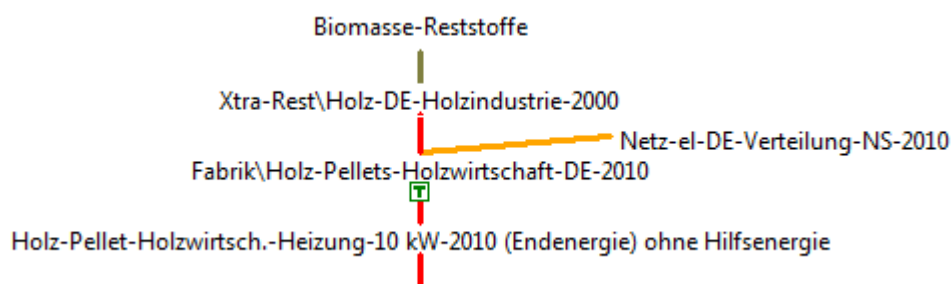
Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Flüssiggas



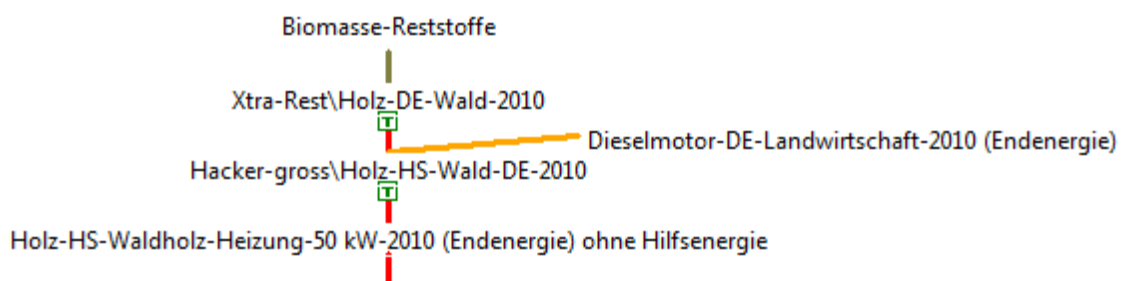
Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Heizöl EL



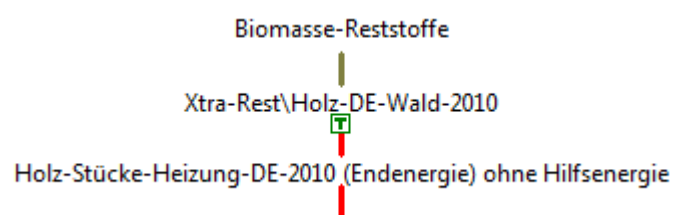
Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Holzpellets



Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Hackschnitzel



Prozesskette zur Berechnung des CO₂-Äquivalents für Scheitholz



Anhang 2 - Darstellung möglicher Förderungen für Nahwärmenetze

Mögliche Förderprogramme für eine künftige Energieversorgung (z.B. Nahwärmenetze) oder den allgemeinen Einsatz von Erneuerbaren Energien werden nachfolgend dargestellt. Es erfolgt keine Gewähr auf Vollständigkeit der Angaben und Programme.

Ein Rechtsanspruch des Antragstellers auf Zuwendungen besteht nicht. Die KfW-Fördermittelbank, das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle sowie das Technologie-und Förderzentrum entscheiden aufgrund ihres pflichtgemäßen Ermessens. Die Gewährung der Zuwendung steht unter dem Vorbehalt der Verfügbarkeit der veranschlagten Haushaltsmittel.

Anspruch auf Vollständigkeit aller Fördermittel besteht nicht. Die genauen Zuwendungsbedingungen sind den entsprechenden Förderprogrammen zu entnehmen und auf die endgültigen Investitionskosten (Ermittlung im Rahmen einer Ausschreibung) sowie den aktuellen Stand der Förderprogramme anzupassen.

Sonderförderungen wie beispielsweise die Innovationsförderungen (Staubemissionen) werden nicht berücksichtigt. Hier sind zur Gewährung Referenzmessungen erforderlich, die im Rahmen der Studie nicht erfolgen können.

1. KfW-Förderprogramm – „Premium“ – Große Biomasseheizungen (Programm 271/281/272/282)

Im Programmteil „Premium“ des Marktanreizprogramms wird die Errichtung bzw. Erweiterung automatisch beschickter Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse für die thermische Nutzung (z.B. Hackgut- oder Pelletkessel) und zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung (KWK) mit einer installierten Nennwärmeleistung von 100 kW bis 2 MW gefördert.

Die Förderung erfolgt über ein Darlehen in Kombination mit Tilgungszuschüssen.

- Anlagen zur thermischen Nutzung:

Der Tilgungszuschuss (Grundförderung) beträgt 20 € je kW installierter Wärmeleistung, höchstens jedoch 50.000 € je Einzelanlage. Bei besonders niedrigen Staubemissionen und/oder Errichtung eines Pufferspeichers kann eine erhöhte Förderung (Innovationsförderung) gewährt werden. Die Gesamthöchstförderung beträgt 100.000 € je Anlage. Der Zuschuss erhöht sich bei Einhaltung von niedrigeren Staubemissionen (maximal 15 mg/m³, bei 13 % Sauerstoff im Abgas) um 20 € je kW auf 40 € je kW. Bei der Errichtung eines Pufferspeichers (mindestens 30 l/kW) erhöht sich die Grundförderung um 10 €/kW.

- Anlagen zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung (KWK)

Der Tilgungszuschuss beträgt 40 € je kW Nennwärmeleistung bei Anlagen bis 2.000 kW. Die Anlagen müssen streng wärmegeführt betrieben werden. Der elektrische Wirkungsgrad muss größer als 10 % und der Gesamtwirkungsgrad größer als 70 % sein.

Weitere Informationen können dem Marktanreizprogramm entnommen oder unter www.kfw.de nachgelesen werden.

2. KfW-Förderung – „Premium“ – Nahwärmenetze (Programm 271/272/281/282)

Die Errichtung oder Erweiterung von Wärmenetzen (inkl. Hausübergabestationen) wird gefördert – sofern diese nicht überwiegend zur Deckung des Wärmebedarfs in Neubauten errichtet werden – wenn:

- a) mindestens 50 % Wärme aus Erneuerbaren Energien gespeist wird (60 % bei überwiegender Versorgung von Neubauten), oder
- b) mindestens 50 % Wärme aus Wärmepumpen gespeist wird (60 % bei überwiegender Versorgung von Neubauten), oder
- c) mindestens 50 % Wärme aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme gespeist wird (60 % bei überwiegender Versorgung von Neubauten), oder
- d) mindestens 20 % der Wärme aus solarer Strahlungsenergie gespeist wird und ansonsten fast ausschließlich Wärme aus hocheffizienter KWK, Wärmepumpen oder Wärme aus industrieller oder gewerblicher Abwärme eingesetzt wird, oder
- e) mindestens 50% Wärme aus einer Kombination der vorherigen Punkte a – d stammt und ansonsten fast ausschließlich aus hocheffizienter KWK (60 % bei überwiegender Versorgung von Neubauten) und
- f) ein Mindestwärmeabsatz im Mittel von 500 kWh/a je Trassenmeter nachgewiesen wird.

Nicht gefördert werden Wärmenetze, wenn sie nach dem KWKG gefördert werden können!

Annahme: Auch der biogene Anteil von Siedlungsabfällen gilt als Erneuerbare Energie im Sinne dieser Regelung (Wärmenutzung aus der Abfallverbrennung).

Die möglichen Tilgungszuschüsse betragen dabei 60 € je Meter Trassenlänge für Wärmenetze (höchstens 1 Mio. €), für die keine Zuschlagsförderung nach dem KWKG-Gesetz beantragt werden kann. Zusätzlich können die Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden mit jeweils bis zu 1.800 € gefördert werden. Der maximale Tilgungszuschuss erhöht sich auf 1,5 Mio. € bei Einspeisung von Wärme aus Tiefengeometrieanlagen ins Wärmenetz.

Zusätzlich gilt seit Januar 2016 die Zusatzförderung „Anreizprogramm Energieeffizienz“ (APEE). Dies ermöglicht die Erhöhung der Fördersätze um 20 %. Werden bei einem Nahwärmenetz überwiegend Hausanschlüsse mit ineffizienten, dezentralen Wärmeerzeugern ersetzt, so können die Hauptleitungen, die Hausübergabestationen (welche die ineffiziente dezentrale Heizung ersetzt) und die Hausanschlussleitung zu diesen Hausübergabestationen mit dem erhöhten Satz gefördert werden. Als besonders ineffizient gelten bspw. auch Wärmeerzeuger im Heizölbetrieb, sofern keine Austauschpflicht nach § 10 der Energieeinsparverordnung vorliegt.

Weitere Informationen können der Programmübersicht der KfW (Erneuerbare Energien) entnommen oder unter www.kfw.de nachgelesen werden.

3. Freistaat Bayern: Förderprogramm „BioKlima“ für Biomasseheizwerke

Gefördert werden im Förderprogramm „BioKlima“ Neuinvestitionen zur Errichtung von automatisch beschickten Biomasse- und Pelletheisanlagen. Für die Anlagen muss eine kalkulatorische CO₂ Einsparung von mehr als 600 Tonnen innerhalb von 8 Jahren nachgewiesen werden. Als Brennstoff dürfen ausschließlich naturbelassene Holz- oder Biomassebrennstoffe aus heimischer Produktion eingesetzt werden. Der Kessel muss für die Verwendung der gewählten Brennstoffe geeignet sein.

Der Zuschuss beträgt 33 € pro Jahrestonne kalkulatorisch eingespartes CO₂. Der gesamte Zuschuss wird über einen Zeitraum von 8 Jahren berechnet. Die max. Förderung beträgt 200.000 € je Projekt.

Es dürfen keine staatlichen Mittel für denselben Zweck in Anspruch genommen werden (z.B. Markt-anreizprogramm des Bundes für Erneuerbare Energien), sofern der Subventionswert aller ausgereichten staatlichen Mittel 45 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt.

Bei der Biomasseheizanlage muss eine Auslastung von mindestens 2.500 Volllaststunden erreicht werden. Bei monovalenten Anlagen (d.h. ohne Spitzenlastkessel) müssen 2.000 Stunden erreicht werden. Es ist ein Pufferspeicher mit mindestens 30 l/kW zu installieren.

Es ist eine Wärmebelegung bezogen auf den prognostizierten Wärmeabsatz von mindestens 1.500 kWh/(m²*a) neu errichteter Trasse nachzuweisen. Ein schlüssiger und abgesicherter Kosten- und Finanzierungsplan muss vorgelegt werden.

4. BAFA / KWK-Gesetz für Wärmenetze

Im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWK-G) wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) u.a. der Neubau und Ausbau von Wärmenetzen gefördert. In der Darstellung der Fördermöglichkeiten für Wärmenetze werden die aktuellen Inhalte des neu aufgelegten KWK-Gesetzes berücksichtigt.

Für Anträge, die ab dem 1.1.2017 beim BAFA eingehen, gelten folgende Fördervoraussetzungen:

- Pro Projekt können maximal 20 Mio. Euro ausgezahlt werden.
- Die Versorgung der Abnehmenden, die an das neue oder ausgebaute Wärmenetz angeschlossen sind, muss mindestens zu 75 % aus KWK-Wärme erfolgen. Alternativ genügt ein Wärmemix aus KWK-Wärme und Wärme aus erneuerbaren Energien oder KWK-Wärme und industrieller Abwärme jeweils in Höhe von 50%, sofern mindestens 25% KWK-Wärme vorhanden sind. Die Quote ist innerhalb von 36 Monaten ab Inbetriebnahme des Wärmenetzes zu erreichen
- Die beantragte Zuschlagzahlung ist für den wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes erforderlich.
- Die Zulassung für Zuschlagszahlungen über 15 Mio. Euro je Unternehmen darf vom BAFA erst nach beihilferechtlicher Genehmigung des Vorhabens durch die EU-Kommission erteilt werden.
- Vor Inbetriebnahme eines Netzes mit einem Volumen an ansatzfähigen Investitionskosten über 5 Mio. Euro kann beim BAFA ein Vorbescheid beantragt werden. Die Bindungswirkung des Vorbescheids umfasst die Höhe des Zuschlags und die Höhe der ansatzfähigen Investitionskosten ab Inbetriebnahme des Netzes gemäß der zum Zeitpunkt der Beantragung des Vorbescheids geltenden Fassung des KWKG.
- Der KWK-Zuschlag wird durch den Übertragungsnetzbetreiber ausgezahlt.
- Die Anbindung einer KWK-Anlage an ein bestehendes Wärmenetz ist förderfähig.

Die Bearbeitungsgebühr beträgt 0,2% des festgelegten Zuschlags, mindestens 100 € und maximal 40.000 €.

Die Regelungen im Bereich Wärme- und Kältenetze sehen folgende Fördersätze vor:

Leitungen mit einem mittleren Nenndurchmesser bis DN 100:

- Zuschlag von 100 € je laufendem Trassenmeter
- max. jedoch 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten
- Leitungen mit einem mittleren Nenndurchmesser größer DN 100:
 - ⇒ Zuschlag von 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten

Hausübergabestationen fallen nicht in den förderfähigen Teil dieses Programmes. Die Nachweise sind durch einen Wirtschaftsprüfer zu erbringen.