

Energienutzungsplan

Die weitere Nutzung des Kraftwerkstandortes „Michelin“ am Standort Hallstadt



Energienutzungsplan

Die weitere Nutzung des Kraftwerkstandortes „Michelin“ am Standort Hallstadt

Auftraggeber

Stadt Hallstadt
Marktplatz 2
96103 Hallstadt

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, Landesentwicklung und Energie

Bearbeitungszeitraum

03/2020 bis 12/2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Analyse des bestehenden Heizkraftwerks mit Prüfung von Möglichkeiten der Effizienzsteigerung	7
2.1	Beschreibung der Energieerzeugung	7
2.2	Elektrische Einbindung und Wirkungsgrad des Heizkraftwerkes	9
2.3	Thermische Einbindung und Wirkungsgrad des Heizkraftwerkes	10
2.4	Künftiges Wärmepotenzial bei der Firma Michelin	10
2.4.1	Die Wärmemenge und Verfügbarkeiten	10
2.4.2	Wärmekosten	11
3	Identifizierung sinnvoller, zukünftiger Wärmeabnehmer	13
3.1	Kommunales Wärmenetz Stadt Hallstadt	13
3.2	Wärmenetz des Zweckverbandes Müllheizkraftwerk	16
3.3	Kommunales Wärmenetz Stadt Bamberg	18
3.3.1	Substitution des Spitzenheizwerks „Weidendam“	19
3.3.2	Ausbaupotenzial der Stadtwerke Bamberg	19
3.3.3	BlmA-Areal / ehemaliges US-Army-Gelände	20
3.4	Wärmenetz im Industriegebiet	21
3.4.1	Freibad	21
3.4.2	Market	22
3.4.3	Brose	23
3.4.4	Bosch	25
3.5	Weiternutzung des Standortes	26
3.5.1	Gebäudeheizung	26
3.5.2	Prozessdampfauskopplung für neue Industrieansiedlung	27
3.6	Klärschlamm Trocknung	28
3.7	Zusammenfassung Wärmenutzung	29
3.7.1	Szenario 1: Vollausbau - Berücksichtigung aller vorhandenen Wärmepotenziale	29

3.7.2	Szenario 2: Minimaler Ausbau – Berücksichtigung nur der als wahrscheinlich anzusehenden Wärmepotenziale	30
4	Möglichkeiten der Stromnutzung.....	32
4.1	Vermarktung als Regelenergiekraftwerk	32
4.2	Arealstromnetz.....	33
4.3	Netzdienlicher Betrieb im Netz der SW Bamberg	35
5	Möglichkeiten der Wasserstoffnutzung	37
5.1	Klassifizierung von Wasserstoff	37
5.2	Nutzungsmöglichkeiten / Standortvorteile / Potenziale	39
6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	40
6.1	Randbedingungen und Annahmen	40
6.2	Varianten.....	42
6.3	Investitionskosten	47
6.4	Einnahmen / Ausgaben.....	47
6.5	Jahresgesamtkosten / Wärmegestehungskosten	48
6.6	CO ₂ -Bilanz und Primärenergiefaktor	50
7	Prüfung von Fördermöglichkeiten für das Vorhaben	53
7.1	Vergütung für KWK-Anlagen nach dem KWKG	53
7.2	KWK-Gesetz für Wärmenetze (BAFA)	55
8	Akteursbeteiligung.....	57
9	Zusammenfassung.....	58
10	Abbildungsverzeichnis	60
11	Tabellenverzeichnis	62

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

Bj.....	Baujahr
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
KWK.....	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs Gesetz
HÜS	Hausübergabestation
WMZ	Wärmemengenzähler
WT	Wärmetauscher

Bezeichnungen von Firmen und Unternehmen

Bosch	Bosch Robert GmbH
Brose.....	Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG
IfE.....	Institut für Energietechnik GmbH
Market	Market Oberfranken Einkaufszentrum
Michelin.....	Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA
SW Bamberg.....	Stadtwerke Bamberg GmbH
MHKW.....	Zweckverband Müllheizkraftwerk - Stadt und Landkreis Bamberg

Einheiten

a.....	Jahr(e)
€.....	Euro
Ct.	Cent
h.....	Stunden
kW.....	Kilowatt
kWh.....	Kilowattstunden
l.....	Liter
m.....	Meter
MW.....	Megawatt
MWh.....	Megawattstunden

Formelzeichen und Indizes

el	elektrisch
Hi	Heizwert
Hs.....	Brennwert
th.....	thermisch

1 Einleitung

Die Firma Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA wird die Fertigung am Standort Hallstadt zeitnah beenden. Die Stadt Hallstadt möchte im Rahmen eines Energienutzungsplans die Möglichkeiten zur weiteren Nutzung des vorhandenen Gasturbinen- Dampfkraftwerks (Heizkraftwerk) im KWK-Betrieb in verschiedenen Szenarien prüfen. Hierfür werden verschiedene Möglichkeiten einer künftigen Nutzung technisch und wirtschaftlich geprüft und konkrete Gespräche mit allen verantwortlichen Akteuren geführt.

Nachfolgend sind die einzelnen Phasen des Energienutzungsplans dargestellt:

- Analyse des bestehenden Heizkraftwerks mit Prüfung von Möglichkeiten der Effizienzsteigerung
- Prüfung von Möglichkeiten der Abwärmenutzung in Fernwärmenetzen
- Prüfung von Möglichkeiten der Klärschlamm-trocknung
- Prüfung von Möglichkeiten der Stromnutzung/Stromvermarktung
- Prüfung von Möglichkeiten der Wasserstofferzeugung/-nutzung
- Umfassende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Fördermittelprüfung
- CO₂- und Primärenergiebilanz
- Umfassende Akteursbeteiligung mit Ausarbeitung von Betreibermodellen

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte im Rahmen der Umsetzungsbegleitung sind nachfolgend in diesem Bericht zusammengefasst.

2 Analyse des bestehenden Heizkraftwerks mit Prüfung von Möglichkeiten der Effizienzsteigerung

2.1 Beschreibung der Energieerzeugung

Die Michelin Reifenwerke betreiben in Hallstadt einen Produktionsstandort zur Herstellung von 16 Zoll Autoreifen. Dabei handelt es sich um einen sehr energieintensiven Prozess, da bei der Vulkanisation der Reifen hohe thermische Energiemengen benötigt werden. Im Fachjargon spricht man auch vom „Reifen kochen“.

Die erforderlichen Wärmemengen und Temperaturniveaus in den Produktionsanlagen werden den Maschinen mittels Dampf als Wärmeträgermedium zugeführt. Zur Erzeugung des Frischdampfes wird am Standort ein eigenes Kesselhaus mit zwei Gasturbinen und zugehörigen Abhitzekesseln betrieben. Zur Redundanz sind zusätzlich zwei Erdgas-Dampferzeuger installiert, welche im Störfall oder bei Lastspitzen zuschalten können. Nachfolgende Abbildung zeigt die Einbindung der Wärmeerzeuger in die Bestandstechnik.

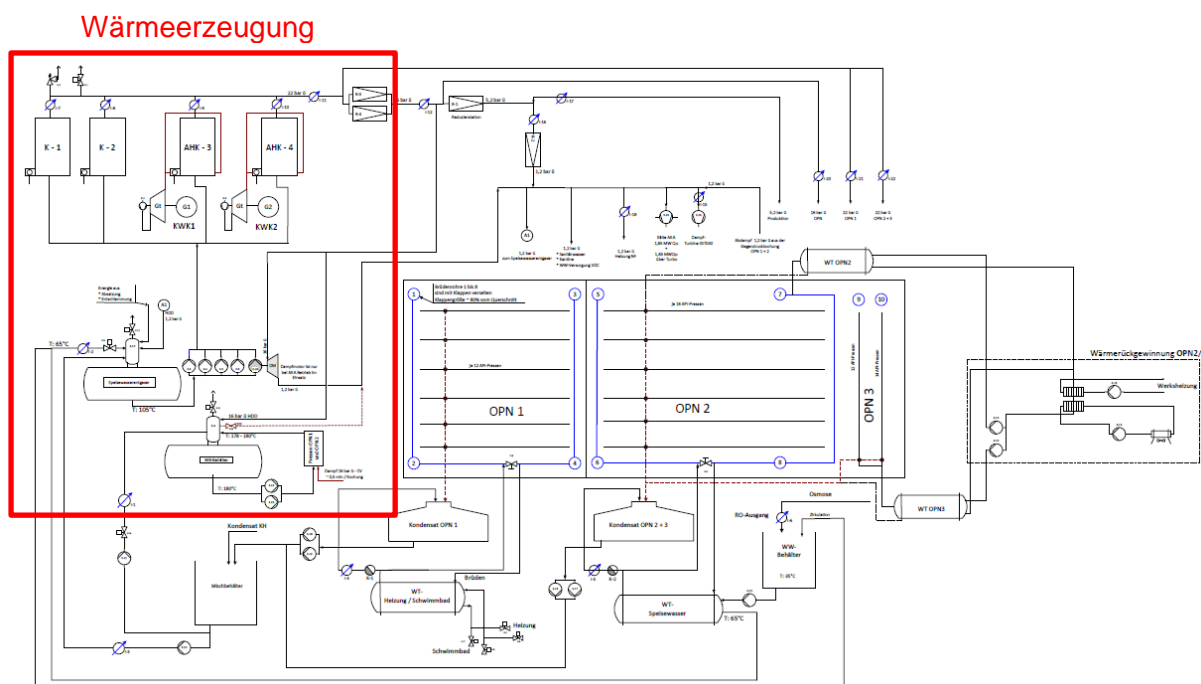


Abbildung 1: Wärmeschema der Firma Michelin

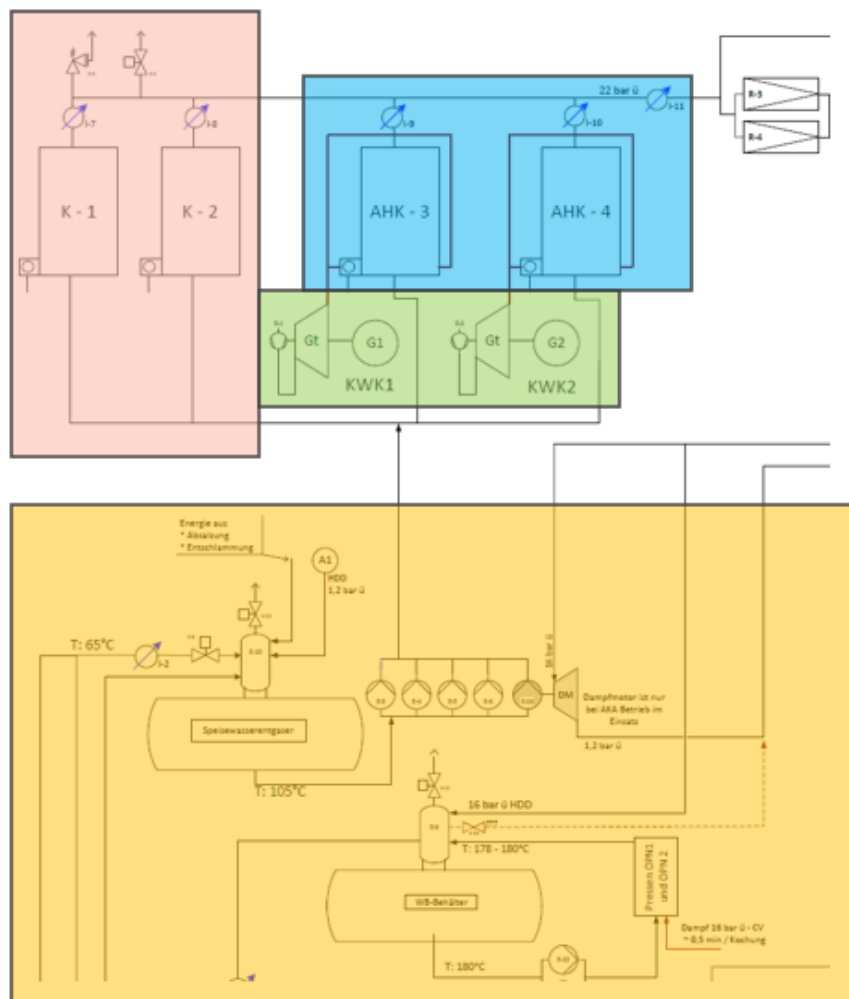


Abbildung 2: Schema der Wärmeerzeuger bei Michelin

Hauptwärmeerzeuger sind die beiden mit Erdgas betriebenen Gasturbinen (grün) vom Hersteller Solar, welche von der Firma Turbomach gepackaged wurden. Diese weisen eine elektrische Leistung von 4 bzw. knapp 6 MW auf und erzeugen bei Volllast in Kombination mit den Abhitzekesteln (blau) eine Frischdampfmenge von 9,1 bzw. 13,4 t pro Stunde bei einem Überdruck von 22 bar und einer Dampftemperatur von ca. 218 °C im Abhitzebetrieb.

Mit den Zusatzfeuerungen (rot) von 6 bzw. 9,8 MW Feuerungswärmeleistung je Kessel könnte die Frischdampfmenge zusätzlich erhöht werden, was jedoch für die hier durchgeführte Betrachtung nicht relevant ist, da die Spitzenlastkessel bei einem möglichen Weiterbetrieb keine tragende Rolle spielen sollen.

	KWK 1	KWK 2
Hersteller / Typ	Solar Centaur 50-5701 S	Solar Taurus T65S
Elektrische Leistung [kW]	4.019	5.780
Thermische Leistung [kW]	7.133	10.512
Dampfmenge [kg/h]	9.100	13.400
Dampfüberdruck [bar]	22	22

Tabelle 1: Technische Daten der Gasturbinen im Bestand

2.2 Elektrische Einbindung und Wirkungsgrad des Heizkraftwerkes

Alle produzierenden Standorte des Unternehmens beziehen ihre elektrische Energie aus einem eigenen, gemeinsamen Bilanzkreis. Sämtlicher Strom, welcher an den Standorten produziert wird, auch die Energie der Gasturbinen im Werk Hallstadt, wird bilanziell in diesen Kreis eingespeist. Da die Stromerzeugung im Abhängigkeit vom Produktionsprozess gut planbar ist, können diese beim Einkauf der restlichen Strommenge an der Börse berücksichtigt werden. Durch die interne Vermarktung und den einhergehenden bilanziellen Eigenverbrauch des erzeugten Stromes aus den Gasturbinen entsteht für das Unternehmen bisher ein monetärer Vorteil gegenüber einer reinen Netzeinspeisung in das Netz des öffentlichen Versorgers.

Nach Rücksprache mit den Beteiligten bei Michelin hat das Unternehmen nach Beendigung der Produktion Ende des Jahres 2020 kein Interesse, an einem Weiterbetrieb des Kraftwerkes in ihrem eigenen Bilanzkreis. Sobald ein anderer Betreiber oder auch eine Betreibergemeinschaft das Kraftwerk übernehmen, verliert Michelin das Eigenverbrauchsprivileg auf den selbst verbrauchten Strom und somit das Anrecht auf die reduzierte EEG-Umlage für den selbstgenutzten Stromanteil.

Abgesehen von der reinen Netzeinspeisung in die öffentliche Versorgung muss der neue Betreiber des Kraftwerkes alternative Vermarktungsmöglichkeiten für einen Mehrerlös aus der Stromproduktion prüfen und gegebenenfalls umsetzen.

Der elektrische Wirkungsgrad der Gasturbinen ist mit ca. 28,0 % bei KWK 1 und 31,2 % bei KWK 2 bezogen auf den Heizwert des eingesetzten Brennstoffes sehr gering. Bei der bisherigen thermisch optimierten Betriebsweise, war dieser Umstand untergeordnet. Dies könnte sich nun unter der Priorisierung von anderen Betriebsfaktoren deutlich ändern.

2.3 Thermische Einbindung und Wirkungsgrad des Heizkraftwerkes

Die derzeitige Anlagenperipherie ist so ausgelegt, dass möglichst effizient Dampf auf einem Druckniveau von 22 bar und 220 °C ausgekoppelt werden kann. Nach der Nutzung des Dampfes steht der kondensierte Dampf als Brüde mit einer Temperatur von ca. 95 °C als Abwärme zur Verfügung.

Nach Beendigung des Produktionsprozesses im Jahr 2020 ist davon auszugehen, dass kein Nachnutzer mit einem ähnlichen Frischdampfbedarf auf dem Gelände ansässig wird. Sollte das Kraftwerk über diesen Zeitpunkt hinaus betrieben werden, muss die thermische Energie der Gasturbinen - neben einem geringen Prozessdampfbedarf auf dem Betriebsgelände – zum größten Teil über ein Fernwärmenetz an künftige Abnehmer in der Region verteilt werden. Diese werden im nächsten Kapitel noch genauer erörtert. Orientiert man sich an den bereits bestehenden Fernwärmenetzen in der Region von den Stadtwerken Bamberg, bzw. dem Zweckverband MHKW, so wird klar, dass für eine Anbindung des Michelin-Kraftwerkes die Vorlauftemperatur dieser Verteilnetze erreicht und im besten Fall sogar überschritten werden muss, um einen entsprechenden Wärmeaustausch bei einer weiterhin vollständigen, hydraulischen Systemtrennung zu gewährleisten. Dies bedeutet zusammengefasst, dass künftig der größte Teil der Wärme nicht mehr als Dampf ausgekoppelt wird, sondern in Form von Heißwasser mit einer Vorlauftemperatur von ca. 130 °C das Kraftwerk am Standort von Michelin verlässt und mit einer Fernwärmeleitung in Richtung Bamberg transportiert wird. Dort und auf dem Weg dorthin findet dann die weitere Verteilung an andere Netze und Endkunden statt.

2.4 Künftiges Wärmepotenzial bei der Firma Michelin

2.4.1 Die Wärmemenge und Verfügbarkeiten

Im ersten Schritt wurden die vorhandenen Berechnungen zur verfügbaren Abwärmemenge der Firma Michelin geprüft und mit den verantwortlichen Akteuren abgestimmt.

Wärmequellen:

Bei Michelin gab es bisher zwei Wärmequellen, welche zur Einspeisung in ein Wärmenetz genutzt werden können:

- Abwärme aus Brüden
- Wärmeauskopplung aus den KWK-Anlagen (Gasturbinen)

Da der Produktionsbetrieb Ende 2020 eingestellt wird, stehen fortan nur noch die KWK-Anlagen als Wärmequelle zur Verfügung. Durch den Wegfall des Produktionsprozesses können die Gasturbinen künftig anhand der angeforderten Wärmelast der Fernwärmekunden betrieben werden. Ein vorrangige Prozessdampfskopplung ist nicht mehr notwendig.

Die zur Verfügung stehende Leistung liegt zwischen 4,8 und 17,6 MW thermischer Leistung. Die Minimalleistung ergibt sich aus der unteren Teillastbetriebsgrenze der kleinen Turbine. Darunter ist ein Betrieb nicht möglich. Die Maximalleistung entspricht der kombinierten Volllast beider Turbinensätze.

Nutzbares Temperaturniveau:

Die Wärme aus den Gasturbinen wird bei Michelin intern auf verschiedenen Druckstufen (und Temperaturniveaus) ausgekoppelt. Das höchste Temperaturniveau liegt bei 220 °C. Zu der Übergabestation führt eine Dampfleitung mit 1,5 bar was einem Temperaturniveau von knapp 110 °C entspricht. Die Übergabestation ist mit einem Dampf/Wasser-Wärmetauscher ausgestattet. Auf der Sekundärseite sind somit ca. 95 °C erreichbar. Wie aus Kapitel 2.3 hervorgeht, besteht in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit ein großer Bedarf daran, Wärme in Form von Heißwasser auf einem höheren Niveau als 95 °C zu nutzen. Hierzu müssten Umbauarbeiten an der Bestandkesselanlage durchgeführt werden. Technisch ist dies jedoch ohne weiteres möglich.

Exkurs: Das Freibad der Stadt Hallstadt wird bereits mit Abwärme aus den bisherigen Brüden mit 95 °C im Vorlauf versorgt. Für die Anbindung ist von der Übergabestation Michelin eine Wärmeleitung DN 100 zum Freibad verlegt.

Zeitliche Verfügbarkeit:

Die Wärmeauskopplung aus den KWK-Anlagen steht künftig nahezu ganzjährig zur Verfügung. Lediglich zu Wartungs- und Revisionszwecken muss die Anlage abgeschaltet werden. Die nutzbare Wärmeleistung schwankt sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf nur geringfügig.

2.4.2 Wärmekosten

Anders als bisher, steht nach der Einstellung des Produktionsprozesses bei Michelin keine echte Abwärme aus Brüden mehr zur Verfügung. Sämtliche Wärme muss über die Erzeugungseinheiten anhand des angeforderten Wärmebedarfes der potenziellen Kunden bedarfsgerecht erzeugt werden.

Aufgrund dessen kann zum jetzigen Zeitpunkt noch kein konkreter Wärmepreis genannt werden. Dieser hängt stark von den tatsächlichen Anschlussnehmer, den damit verbundenen Erschließungsmaßnahmen und der künftigen Betriebsweise des Kraftwerkes ab. Sobald diese Parameter feststehen, können die genauen Wärmegestehungskosten und Verkaufspreise ermittelt werden.

3 Identifizierung sinnvoller, zukünftiger Wärmeabnehmer

In Kapitel 3 werden verschiedene künftige Szenarien zur Wärmeabnahme berechnet. Da Michelin als Wärmenutzer künftig wegfällt, müssen für den Weiterbetrieb des Kraftwerks neue Nutzungsmöglichkeiten und Abnehmer erschlossen werden.

Aus dem vorherigen Kapitel 2 wird ersichtlich, dass das Gasturbinenkraftwerk mit einer minimalen elektrischen Leistung von 2,6 MW betrieben werden muss. Dies entspricht dem unterem Teillastbetrieb der kleineren Turbine (KWK1) und einer thermischen Leistung von mindestens 4,8 MW. Ziel ist es möglichst viele Stunden pro Jahr einen Wärmeabsatz oberhalb dieser Leistung zu generieren, dass das Kraftwerk bestmöglich ausgelastet ist. In den nächsten Kapiteln werden hierzu die erschließbaren Wärmepotenziale im Einzugsgebiet Hallstadt und Bamberg genauer erörtert.

3.1 Kommunales Wärmenetz Stadt Hallstadt

Für die Dimensionierung potenzieller Fernwärmetrassen wird unter anderem auf das Wärmekataster und die Berechnungen vorhandener Studien der Stadt Hallstadt zurückgegriffen. Das straßenzugweise Wärmekataster ist Maß und Orientierungshilfe zur Bewertung von möglichen Wärmenetzinfrastrukturen und zeigt auf, in welchen Straßenzügen welcher spezifische Wärmebedarf (in kWh Wärme pro Meter und Jahr) vorliegt. Als Ergebnis kann hieraus abgeleitet werden, welche Straßenzüge sich für den Aufbau eines Wärmeverbundes eignen und welche Wärme- bzw. thermischen Leistungsbedarfe hierbei die einzelnen künftig zu versorgenden Gebäude aufweisen.

Basis der Berechnungen ist der Gesamtwärmebedarf im Wärmenetz für die definierten Liegenschaften und Quartiere. Dieser Gesamtwärmebedarf setzt sich als Summe des Nutzwärmebedarfes der Abnehmer und dem Netzverlust der Wärmeleitung zusammen. Der Gesamtwärmebedarf wird in eine thermische Jahresdauerlinie überführt. Diese thermische Jahresdauerlinie stellt die Basis für die technische Dimensionierung von Energieversorgungsvarianten und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dar.

Der Aufbau eines Wärmenetzes in der Stadt Hallstadt wurde in der Vergangenheit bereits untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung war, dass bei ausreichender Anschlussdichte der Aufbau eines Wärmenetzes aus energetischer Sicht sinnvoll möglich ist. Gescheitert ist das Vorhaben bisher an den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Wenn das Kraftwerk künftig durch einen neuen Betreiber (ggf. auch kommunales Unternehmen der Stadt Hallstadt) betrieben werden sollte, dann ergeben sich völlig neue Rahmenbedingungen (Wärmemengen, Wärmepreise, Abhängigkeiten, bisher Lieferpausen seitens Michelin etc.). Ausgehend von den neuen Rahmenbedingungen wird der Aufbau eines kommunalen Wärmenetzes geprüft.



Abbildung 3: Trassenverlauf - Nahwärmenetz Stadt Hallstadt

Bei dem in der Vergangenheit ermittelten, fiktivem Nahwärmenetz der Stadt Hallstadt wird, nach Rücksprache mit den beteiligten Akteuren, von einem Anschluss sämtlicher kommunaler und kirchlicher Liegenschaften, welche entlang des Trassenverlaufs liegen, ausgegangen. Zudem wird mit einer Anschlussdichte von 40 % durch private Anschließer kalkuliert. Die GEWOBAU-Bamberg Genossenschaft eG bindet sich nicht an das geplante Nahwärmenetz an.

In Tabelle 2 sind die Kennwerte des fiktiven Wärmenetzes Stadt Hallstadt dargestellt.

	Netz (1x verstärkt)	
Anschlussdichte	40 %	[-]
Anschließer	84	[-]
Trassenlänge	4.078	[m]
Nutzwärmebedarf	3.995.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	980	[kWh/m*a]
Netzverlust	992.000	[kWh/a]
Netzverlust	25 %	[-]

Tabelle 2: Kennwerte Wärmenetz Stadt Hallstadt

Bei einem Nutzwärmeabsatz von 3.995.000 kWh/a und einer Trassenlänge von knapp 4.100 m ergibt sich eine Wärmebelegung von 980 kWh/(m-a).

In Abbildung 4 ist der monatliche Wärmemengen- und Wärmeleistungsbedarf im Wärmenetz Stadt Hallstadt V3 dargestellt. Der mittlere Leistungsbedarf liegt in den Wintermonaten bei rund 900 kW.

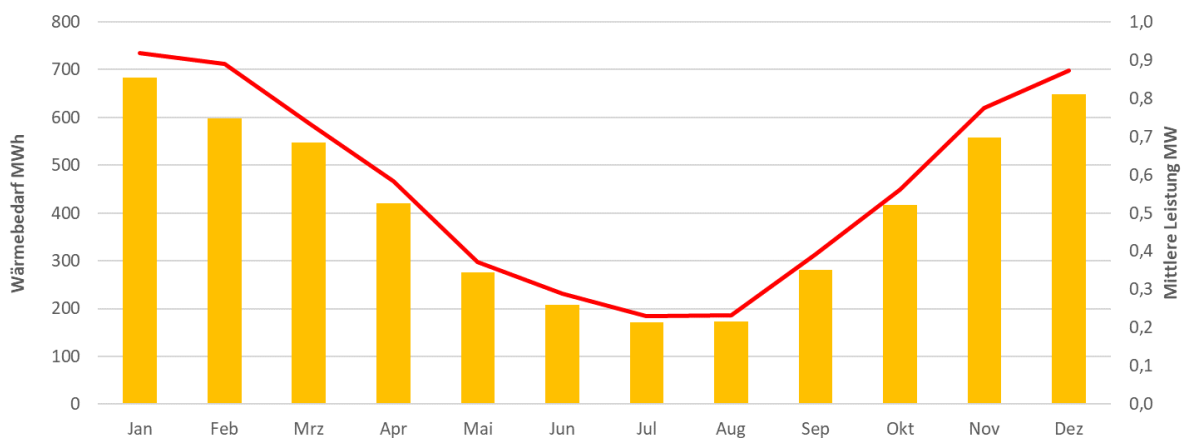


Abbildung 4: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf im fiktiven Wärmenetz der Stadt Hallstadt

Da Michelin – dem Produktionsprozess geschuldet – bisher keine Liefergarantie gibt, musste eine Notfall-Wärmeversorgung (Redundanz) vorgesehen werden. Hier wird davon ausgegangen, dass die Kessel der Schule in das Netz mit eingebunden werden. Bisherige Überlegungen diese zusätzlich zu modernisieren, werden durch das als ausfallsichere eingestufte Michelin-Kraftwerk verworfen. Die benötigte Spitzenleistung im Netz liegt bei ca. 2.350 kW.

3.2 Wärmenetz des Zweckverbandes Müllheizkraftwerk

Die Stadt und der Landkreis Bamberg betreiben im Gewerbegebiet „Hafen“ im Rahmen eines Zweckverbandes gemeinsam ein Müllheizkraftwerk. Die bei der Abfallverbrennung freigesetzten thermischen Energiemengen können über das Jahr hinweg als konstant angenommen werden und schwanken nur geringfügig. Die dort produzierte thermische Energie wird über ein Fernwärmenetz mit einer Vorlauftemperatur zwischen 115 und 125 °C, abhängig von der angeforderten Wärmeleistung der Abnehmer, im Stadtgebiet verteilt.

In der nachfolgenden Karte ist der Verlauf des Wärmenetzes dargestellt.

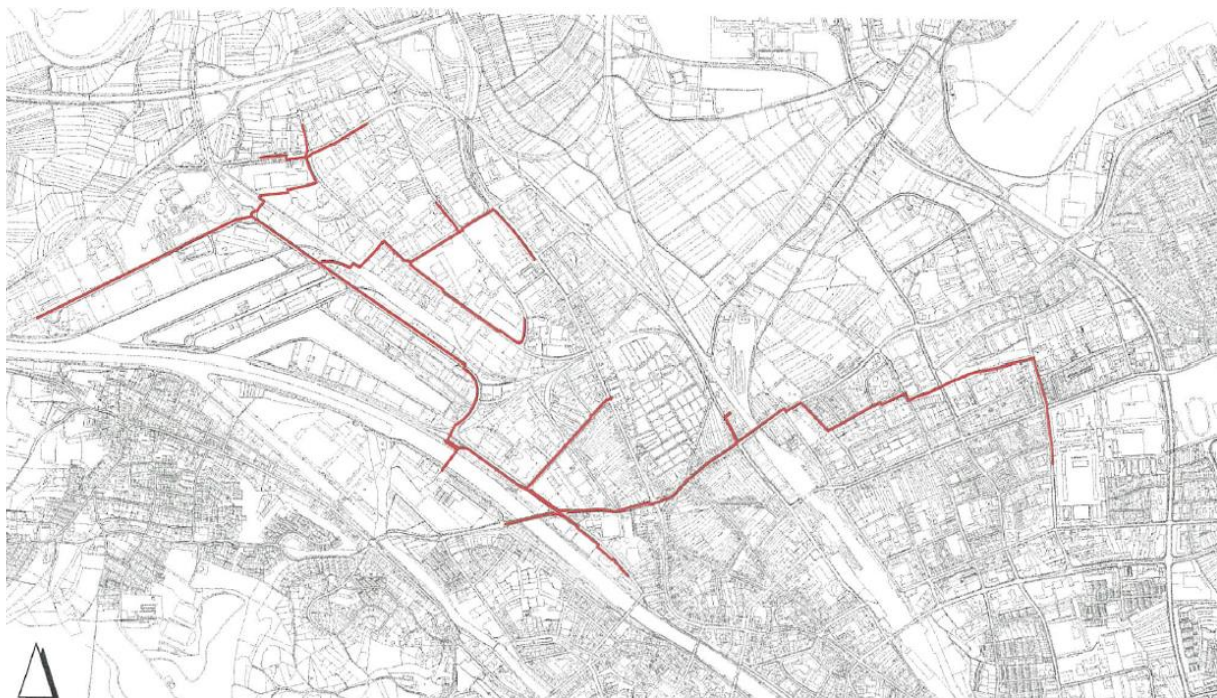


Abbildung 5: Trassenverlauf des Fernwärmenetzes - Zweckverband MHKW [Quelle: Zweckverband MHKW]

In Summe werden über das Netz gut 82.000 MWh Wärme abgesetzt. Da diese Wärmemenge im Rahmen der Erfüllung von hoheitlichen Aufgaben als Nebenprodukt anfällt, wäre es unsinnig zu versuchen, diese Energie durch das Michelin-Kraftwerk zu verdrängen.

Zum Betrieb des MHKW gehören neben den Ofenlinien zur Müllverbrennung auch noch zwei erdgasbefeuerte Spitzenheizwerke. Eines befindet sich am Standort des MHKW, das andere in der Coburger Straße. Diese dienen der Redundanzabdeckung, sollte eine Ofenlinie Revisions- oder Störungsgründen heruntergefahren werden müssen oder aber auch zur Spitzenlastabdeckung.

Die Wärmeproduktion der Spitzenheizwerke beläuft sich jährlich derzeit auf etwa 700 MWh.

Wie aus den Erzeugungszahlen des MHKW hervorgeht, hat dieses im Stadtgebiet aktuell die tragende Rolle in der Fernwärmeversorgung und ist auch dementsprechend ausgebaut, wie aus der Karte ersichtlich wird.

Durch die Anbindung des Kraftwerksstandortes Michelin an das Fernwärmenetz des MHKW's könnten die Wärmemengen der Spitzenheizwerke durch das Michelin-Kraftwerk substituiert werden. Dadurch könnten langfristig sogar Spitzenheizkessel stillgelegt und Betriebskosten eingespart werden.

Durch den Zusammenschluss der Netze ergibt sich weiterhin ein großes Wärmeabsatzpotenzial durch die Erschließung von Neukunden. Derzeit arbeitet das MHKW in der Heizperiode an der Kapazitätsgrenze der thermischen Auskopplung. Jeder neue Kunde würde eine Erhöhung der Spitzenkessel-Laufzeiten zur Folge haben und so zusätzliche Kosten für die Wärmeerzeugung bedeuten. Die Wärme aus der Müllverbrennung ist hingegen ein Nebenprodukt der hoheitlichen Dienstleistung. Ziel für die Realisierung der Anbindung muss daher eine kostengünstigere Wärmeproduktion im Kraftwerk Michelin sein, als bisher in den Spitzenlastkesseln erfolgt ist.

Die Anbindung des Kraftwerkstandortes „Michelin“ würde über eine entsprechend dimensionierte Fernwärmeleitung vom Norden kommen an das Spitzenheizwerk in der Coburger Straße erfolgen, da hier die bestmögliche Verteilung der Wärmemengen erfolgen kann. Ein exemplarischer, fiktiver Trassenverlauf ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Entlang der knapp vier Kilometer langen Fernwärmetrasse des Zweckverbandes bzw. des untergeordneten Netzes der Stadtwerke existiert ein noch großes Erschließungspotenzial, welches in den nachfolgenden Kapiteln weiter beschrieben wird. Dieses zusätzliche Potenzial könnte durch Wärme aus dem Michelin-Kraftwerk abgedeckt werden.

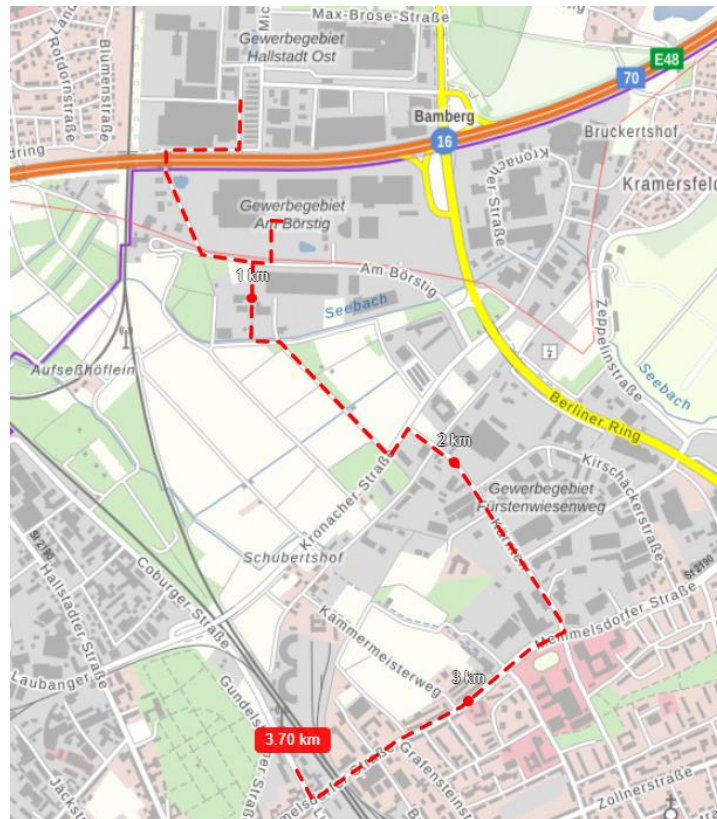


Abbildung 6: Verlauf der Verbindungstrasse zwischen Kraftwerk Michelin und Fernwärmenetz MHKW
 [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE]

Bei der Zusammenarbeit zwischen Zweckverband und dem künftigen Kraftwerksbetreiber bei Michelin soll also keine Verdrängung von Wärme aus der Abfallentsorgung stattfinden. In der Symbiose profitiert der Kraftwerksbetreiber von der bereits bestehenden Netzinfrastruktur des Müllheizkraftwerkes, während im Gegenzug der Zweckverband mithilfe von zusätzlichen, preislich attraktiven Wärmemengen vonseiten Michelin seinen Fernwärmeabsatz weiter ausbauen kann.

3.3 Kommunales Wärmenetz Stadt Bamberg

Neben dem Fernwärmenetz des Zweckverbandes existiert in der Stadt Bamberg bereits noch ein weiteres Wärmenetz, welches von den Stadtwerken Bamberg betrieben wird. Dieses ist dem Wärmenetz des Müllheizkraftwerkes nachgelagert und versorgt hauptsächlich Privathaushalte im Stadtkern und öffentliche Liegenschaften.

3.3.1 Substitution des Spitzenheizwerks „Weidendam“

Von den jährlich rund 40.000 MWh abgesetzter Wärme, werden rund 31.000 MWh vom vorgelagerten Netz des Müllheizkraftwerkes bezogen. Die restlichen ca. 9.000 MWh Wärme werden in einem eigenen Spitzenheizwerk an der Übergabestation „Weidendam“ erzeugt. Die Wärmebezugsleistung aus dem MHKW-Netz ist derzeit auf ca. 6 MW limitiert, weshalb während der Heizperiode die Erdgas-Spitzenlastkessel der Stadtwerke Bamberg ca. ein Viertel der abgesetzten Gesamtwärmemenge erzeugen müssen.

Nachfolgende Abbildung stellt die monatlichen Wärmeeerzeugungen der Spitzenlastkessel grafisch dar. Analog zur Betrachtung im Kapitel zuvor soll auch hier keine Wärme aus dem MHKW verdrängt werden. Durch die Anbindung des Michelin-Kraftwerkes an das Netz des Zweckverbandes MHKW wäre es dann möglich, die derzeit limitierten 6 MW Wärmeübergabeleistung anzuheben und so die unten dargestellte Wärmemenge der Spitzenlastkessel von ca. 9.000 MWh ebenfalls aus dem Netz des MHKW zu beziehen.

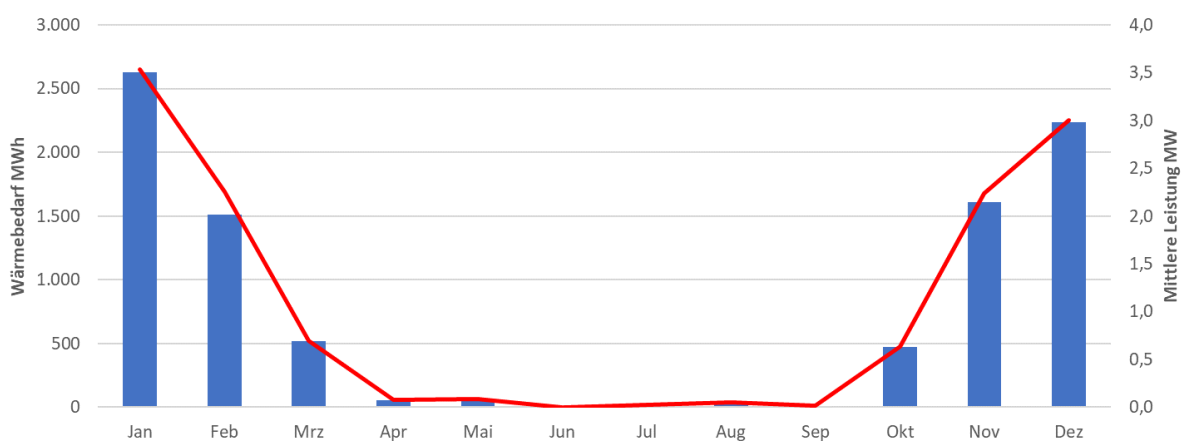


Abbildung 7: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Spitzenlast SW Bamberg

3.3.2 Ausbaupotenzial der Stadtwerke Bamberg

Nach Abstimmung mit den Stadtwerken Bamberg bestehen neben der Substitution der Spitzenlastkessel weitere Ausbaupotenziale.

Im Rahmen von Netzverdichtungs- und Erweiterungsmaßnahmen ist so beispielsweise in den nächsten Jahren ein Zubau von zusätzlichen 9.000 MWh absetzbarer Wärme denkbar. Unter der Annahme, dass es sich dabei ausschließlich um Heizwärme und keine Prozesswärme handelt, können in einer ersten Näherung die monatlichen Absatzmengen ermittelt werden.

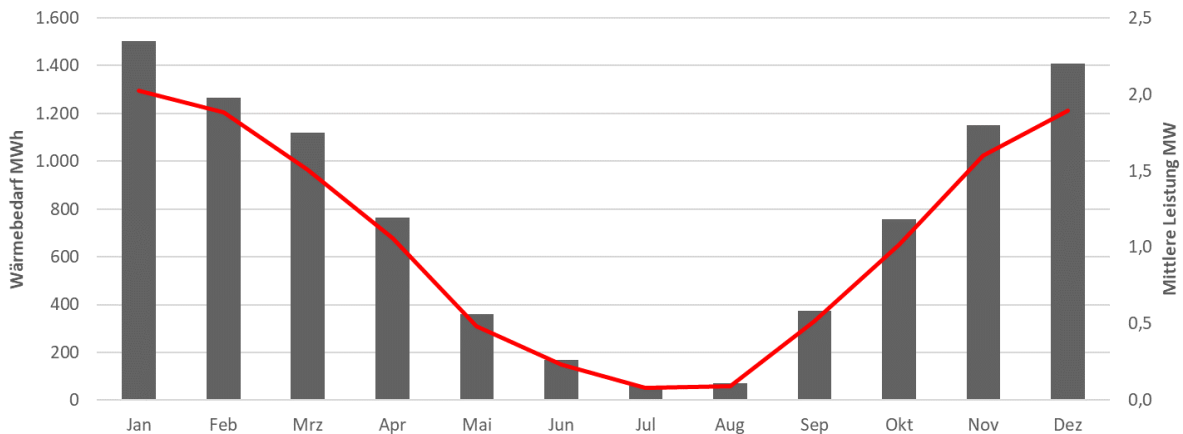


Abbildung 8: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Ausbaupotenzial SW Bamberg

3.3.3 BImA-Areal / ehemaliges US-Army-Gelände

Am östlichen Ende des Stadtgebietes liegt die ehemalige Kaserne „Warner Barracks“ der US-Army. Das Gelände der im Jahr 2014 geschlossenen Kaserne wurde im Nachgang an die Bundesanstalt für Immobilien (BImA) veräußert. Diese richtete dort bis 2016 ein Aus- und Fortbildungszentrum der Bundespolizei ein, welches sukzessive ausgebaut werden soll. Die Wärmeversorgung am Standort wird derzeit über ein eigenes erdgasbetriebenes Heizwerk gewährleistet. Die Betriebsführung der in die Jahre gekommenen Technik übernehmen derzeit die Stadtwerke. Im Austausch mit den Stadtwerken konnte auch hier das monatliche Wärmepotenzial abgeschätzt werden. In Summe hat das Areal derzeit einen Wärmebedarf von ca. 10.800 MWh.

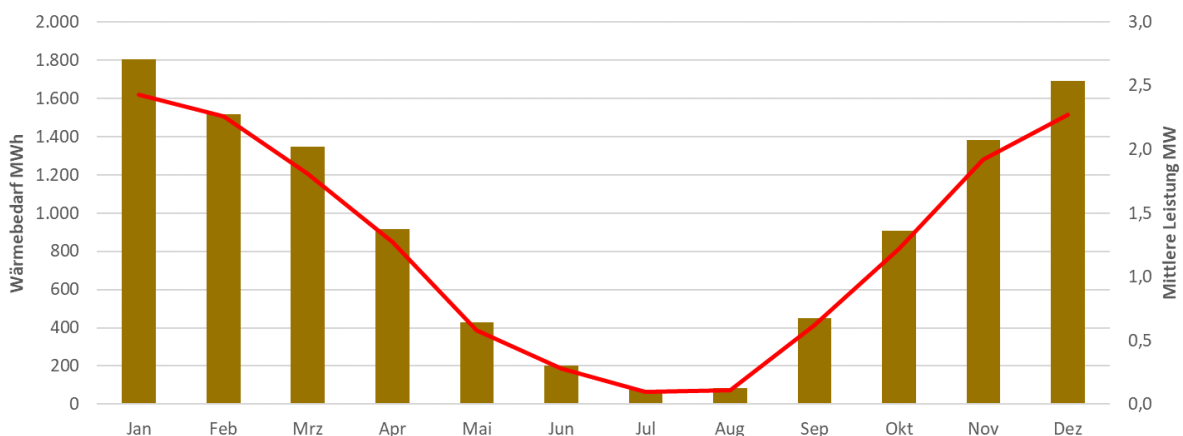


Abbildung 9: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - BImA / US-Army

Langfristig müssen die Kessel ausgetauscht oder alternative Wärmeversorgungs­lösungen geprüft werden. Eine Alternative wäre auch hier die Versorgung mit Fernwärme, welche aus dem übergeordneten Netz mit den beiden einspeisenden Großkraftwerken MHKW und Michelin bezogen werden könnte.

3.4 Wärmenetz im Industriegebiet

Die Versorgung von Industriebetrieben im Gewerbegebiet Hallstadt-Ost und im Gewerbegebiet „Am Börstig“ wurden in der Vergangenheit bereits untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung war, dass der Aufbau eines Wärmenetzes aus energetischer Sicht sinnvoll möglich ist. Gescheitert ist das Vorhaben bisher an den wirtschaftlichen und firmenpolitischen Rahmenbedingungen.

Wenn das Kraftwerk künftig durch einen neuen Betreiber betrieben wird, dann ergeben sich völlig neue Rahmenbedingungen (Wärmemengen, Wärmepreise, Abhängigkeiten). Bisher war die Wärmelieferung durch Michelin schlecht planbar und unsicher, da durch geplante und ungeplante Produktionspausen auch die Wärmelieferung gestoppt worden wäre. Derartige Abhängigkeiten von einem anderen Industriebetrieb duldet kein Unternehmen. Ausgehend von den neuen Rahmenbedingungen ist die Fernwärmeversorgung für Industriekunden wieder hochinteressant.

Im Gewerbegebiet Hallstadt-Ost existiert bereits eine Wärmeleitung zur Versorgung des Freibades. Diese soll auch nach der Einstellung des Produktionsprozesses bei Michelin genutzt werden und das Freibad weiterhin mit Wärme versorgen. An diese Trasse könnten mit einer kurzen Stichleitung, also vergleichsweise geringem Aufwand, zwei weitere Liegenschaften angeschlossen werden. In Frage kommen die Firma Brose, sowie das örtliche Einkaufszentrum „Market“.

Entlang der neu zu errichtenden Trasse in Richtung Süden, zur Verbindung des Kraftwerkes mit dem Netz des MHKW im Stadtgebiet Bamberg, fällt ein weiteres Unternehmen auf, da es unmittelbar an der neuen Trasse liegt und das grundsätzliche Interesse aus früheren Untersuchungen bereits bekannt ist. Dabei handelt es sich um die Firma Bosch.

3.4.1 Freibad

Das Freibad Hallstadt ist das einzige Objekt außerhalb des Michelin-Geländes, das bereits heute mit Wärme versorgt wird. Das Freibad bezieht demnach einen Teil der bisher angefallenen Brüdenabwärme und nutzt diesen zur Beheizung der Schwimmbecken.

Monatliche Verbrauchsdaten liegen aus der Historie vor und können als gesichert Wärmepotenzial für die Zukunft mit aufgenommen werden. Das Freibad bezieht jährlich rund 1.500 MWh Wärme von Michelin. Die Hauptlast liegt hier in den Sommermonaten, was kontrovers zu allen anderen klassischen Heizwärmekunden ist. Dieser Umstand kann sich jedoch positiv auf einen Sommerbetrieb auswirken, für welchen derart stetige Sommerwärmelasten zwingend erforderlich sind.

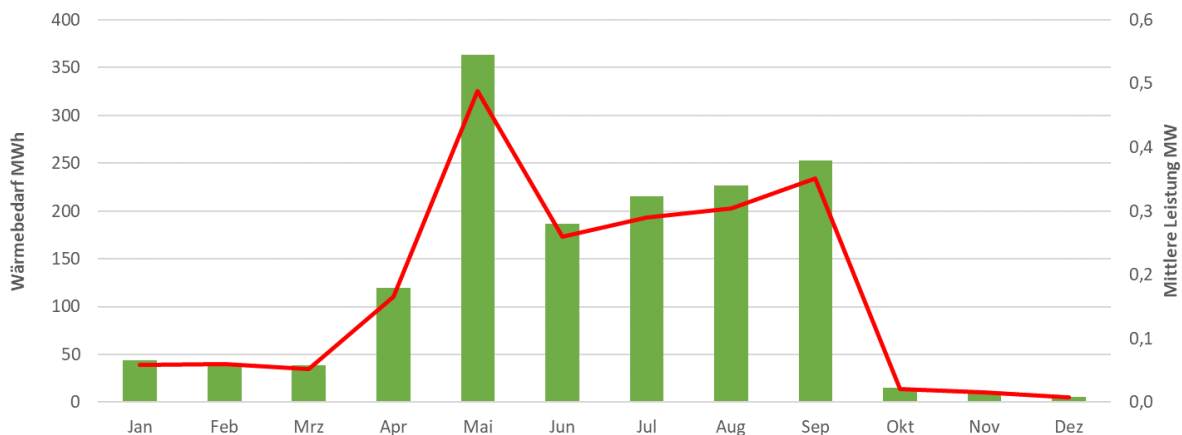


Abbildung 10: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Freibad Hallstadt

3.4.2 Market

Wie eingangs bereits erwähnt, könnte mit einer weiteren kurzen Stichleitung von 270 m (rot, durchgängig) das örtliche Einkaufszentrum „Market“ mit Wärme versorgt werden.



Abbildung 11: Verlauf der Stichleitung - Market Hallstadt [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE]

Auch hier wurden bereits in früheren Untersuchungen Gespräche geführt, bei welchen Daten zum Wärmebedarf, sowie das grundsätzliche Interesse an einem Fernwärmeanschluss ausgetauscht wurden. Im „Market“ werden jährlich gut 600 MWh an Wärme verbraucht. Die genauen monatlichen Verbrauchsdaten können der nachfolgenden Grafik entnommen werden.

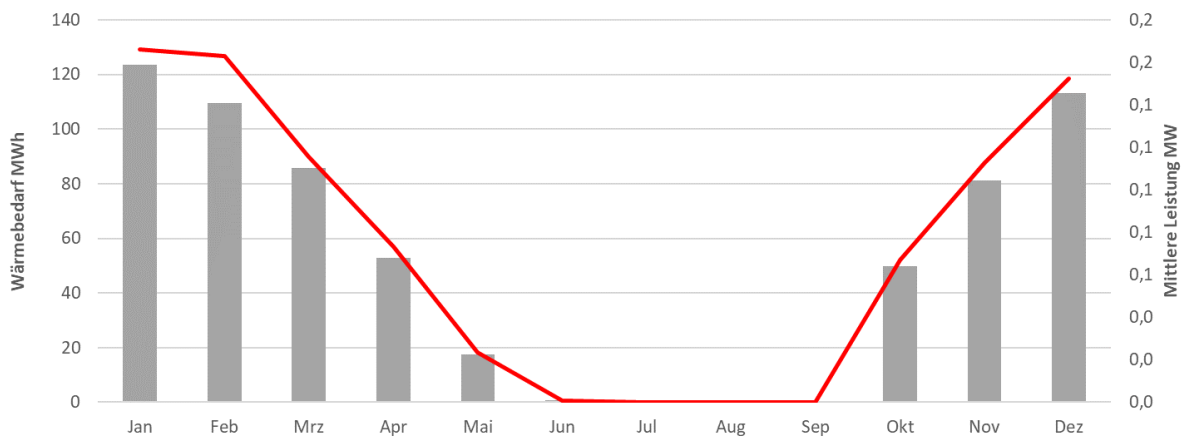


Abbildung 12: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Market Hallstadt

3.4.3 Brose

Das gesamte Werk der Firma Brose wird über eine Heizzentrale mit Wärme versorgt. In der Heizzentrale sind drei Kessel installiert. In Summe ist eine Kesselleistung von 4.000 kW installiert. Ausgehend vom Erdgaslastgang kann abgeleitet werden, dass eine Leistung von rund 1.200 kW ausreichend ist. Im Vorlauf wird eine Temperatur von rund 75 °C benötigt, eine Versorgung mit Abwärme ist somit problemlos möglich.

Für das Fernwärmeszenario wird davon ausgegangen, dass für die Spitzenlastversorgung bzw. Notversorgung 1-2 Kessel in der Heizzentrale installiert bleiben.

Im Werk ist ebenfalls eine Kältezentrale vorhanden. Ein mögliches Szenario bei dem die Kältebereitstellung mittels einer Absorptionskältemaschine erfolgt, welche über das Wärmenetz versorgt wird wurde aufgrund von zu hohen Kältegestehungskosten vorzeitig ausgeschlossen. Demnach handelt es sich beim möglichen Absatz um den reinen Wärmebedarf der Firma Bosch. Dieser beläuft sich auf ca. 2.800 MWh pro Jahr mit dem nachfolgenden Jahresverlauf.

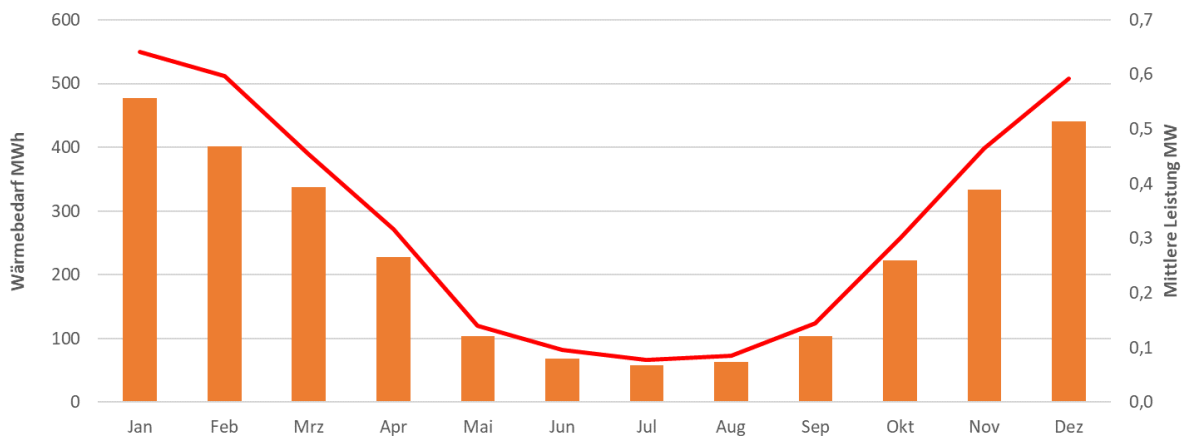


Abbildung 13: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Firma Brose

In Abbildung 14 ist der mögliche Trassenverlauf für die Anbindung der Firma Brose dargestellt. Diese erfolgt über eine ca. 350 m lange Stichleitung (rot) der bereits existierenden Fernwärmetrasse (orange) zum Freibad.



Abbildung 14: Verlauf der Stichleitung / Anbindung – Firma Brose [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE]

3.4.4 Bosch

Das gesamte Werk der Firma Bosch wird über eine Heizzentrale mit Wärme versorgt. Das interne Wärmenetz von Bosch versorgt auch Prozesswärmeabnehmer. Die Systemtemperaturen betragen sekundärseitig 95 °C VL und 70 °C RL, wobei an der Reduzierung der RL Temperatur bereits gearbeitet wird.

Anders als in früheren Potenzialstudien steht im Falle des weiteren Betriebes künftig eine Vorlauftemperatur von 130 °C statt bisher 95 °C aus der Brüdenabwärme zur Verfügung. Ein Nachheizen durch betriebsinterne Kessel bei Bosch ist somit nicht mehr notwendig. Die Einspeisung in dieses sogenannte Konstanttemperaturnetz ermöglicht einen Wärmeabsatz von rund 2.500 MWh pro Jahr, wobei die abgenommene Leistung als ganzjährig nahezu konstant angenommen werden kann.

Im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf von ca. 17.000 MWh pro Jahr ist dies nur ein geringer Anteil an der Wärmeversorgung. Eine größere Lieferung, vor allem in das Prozesswärmenetz, war seitens des Unternehmens jedoch nicht gewünscht.

Im Werk ist zudem eine Kältezentrale eingerichtet, welche mit sechs modernen KKM ausgestattet ist. Eine Kühlung über Freikühler in den kalten Monaten ist ebenfalls vorgesehen.

Eine Variante mit Absorptionskältemaschine zur Erhöhung des Wärmeabsatzes wird aufgrund von hohen Kältegestehungskosten bei dieser Technologie und der neuwertigen Kältezentrale mit Kompressionskältemaschinen nicht weiter untersucht.

In Abbildung 15 ist der mögliche Trassenverlauf für die Anbindung der Firma Bosch dargestellt, welche sich unmittelbar an der Haupttrasse in Richtung Stadtmitte befindet. Der Leitungsverlauf ist so gewählt, dass eine Unterführung unter der Autobahn genutzt werden kann. Inwieweit eine Verlegung unterhalb der Straße in der Unterführung oder eine „Aufhängung an der Decke“ in der Realität umsetzbar ist, konnte im Zuge der Projektbearbeitung nicht abschließend geklärt werden. Danach verläuft die Trasse weiter wie bereits gezeigt in Richtung Stadtmitte, wo die Anbindung an das MHKW-Netz erfolgt.



Abbildung 15: Verlauf der Fernwärmetrasse - Anbindung Firma Bosch
[Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE]

3.5 Weiternutzung des Standortes

3.5.1 Gebäudeheizung

Das Unternehmen Michelin beabsichtigt für die Gebäude am Standort Hallstadt einen Nachnutzer zu finden. Derzeit gehen alle beteiligten Akteure davon aus, dass der gesamte Gebäudekomplex weitergenutzt wird. Umbau- und Sanierungsmaßnahmen sind jedoch möglich und gelten sogar als sehr wahrscheinlich. Für eine erste Näherung wird davon ausgegangen, dass ein ähnlich hoher Wärmebedarf für die Beheizung der Gebäude notwendig wird. Eine genauere Aussage hierzu kann erst getroffen werden, wenn die konkrete Art der Nachnutzung sowie die neuen Gebäudepläne feststehen.

In Summe wird so ein Heizwärmebedarf von knapp 6.400 MWh benötigt.

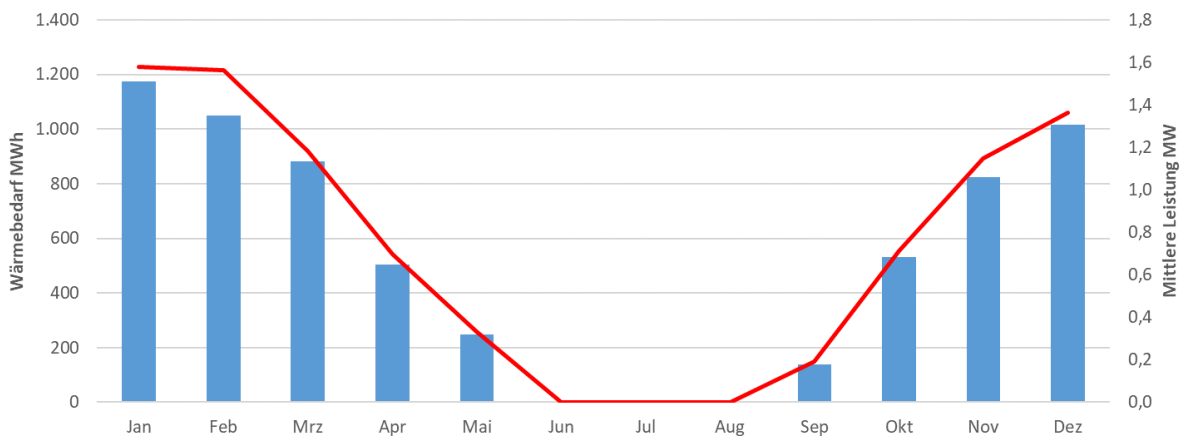


Abbildung 16: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Gebäudeheizung am Standort Michelin

3.5.2 Prozessdampfauskopplung für neue Industrieansiedlung

Ob und in welchem Umfang am Standort wieder Prozessdampf benötigt wird, kann zum Zeitpunkt dieser Studie nur schwer vorhergesagt werden. Der einzige konkrete Anhaltspunkt sind Verhandlungsgespräche mit einem Industriebetrieb aus dem Textilgewerbe, welcher Interesse an einem Teil des Areals geäußert hat. Laut eigenen Aussagen benötigt dieser potenzielle Kunde eine Dampfmenge von ca. 2 t pro Stunde, wobei auch hier die genauen Dampfparameter noch nicht kommuniziert wurden. In Abhängigkeit von Druck und Temperatur schwankt die benötigte Wärmemenge zur Dampferzeugung.

Auf Basis dieser Aussagen und dem vorerst angestrebten Zwei-Schicht-Betrieb des Unternehmens kann der Prozesswärmebedarf abgeschätzt werden. In Summe beträgt dieser ca. 6.500 MWh.

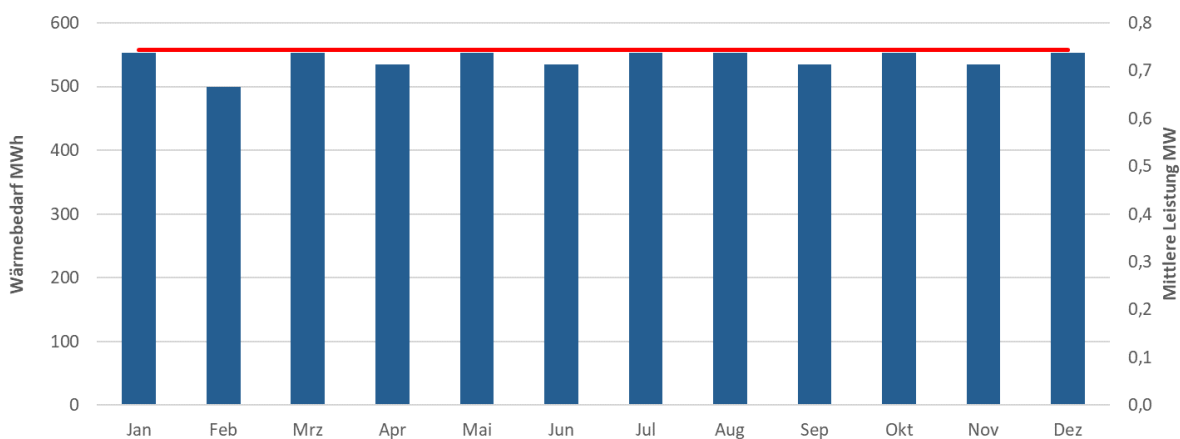


Abbildung 17: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Prozessdampfauskopplung am Standort Michelin

3.6 Klärschlamm-trocknung

Alternativ bzw. in Ergänzung zu der Wärmenutzung in Fernwärmenetzen kann die Abwärme für die Trocknung von Klärschlamm z.B. aus den umliegenden Landkreisen Bamberg, Haßberge, Forchheim und Schweinfurt genutzt werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand muss für die genannten Landkreise in den nächsten Jahren verpflichtend eine Klärschlamm-trocknung bzw. sogar Verbrennung aufgebaut werden. Ein möglicher Standort für eine Trocknungsanlage in Strullendorf bei einem Unternehmen der Holzindustrie ist zuletzt gescheitert. Ein weiterer Standort der für die Klärschlamm-Verwertung in Frage kommt ist das Gelände des Müllheizkraftwerkes. Hier könnte mit wenig Aufwand auch eine Monoverbrennung realisiert werden. Die zur Trocknung notwendigen Wärmemengen produzieren bei der Einspeisung vonseiten des MHKW ein Defizit, welches beispielsweise durch das Michelin-Kraftwerk abgefangen werden könnte.

Bei einer entwässerten Klärschlamm-menge von rund 8.500 t pro Jahr benötigt man einen Wärmebedarf von rund 5.500 MWh um den Klärschlamm auf einen Trockensubstanzgehalt von mind. 90 % zu trocknen. Die genannten Zahlen entsprechen einem durchschnittlichen Landkreis. Sollte die Anlage größer werden, kann der Wärmebedarf dementsprechend skaliert werden. Da der Klärschlamm ganzjährig anfällt und auch die Verbrennung ein stetiger Prozess ist, ist mit einem ganzjährig konstanten Wärmebedarf zu rechnen. Dies entspricht einer Wärmeleistung von rund 700 kW.

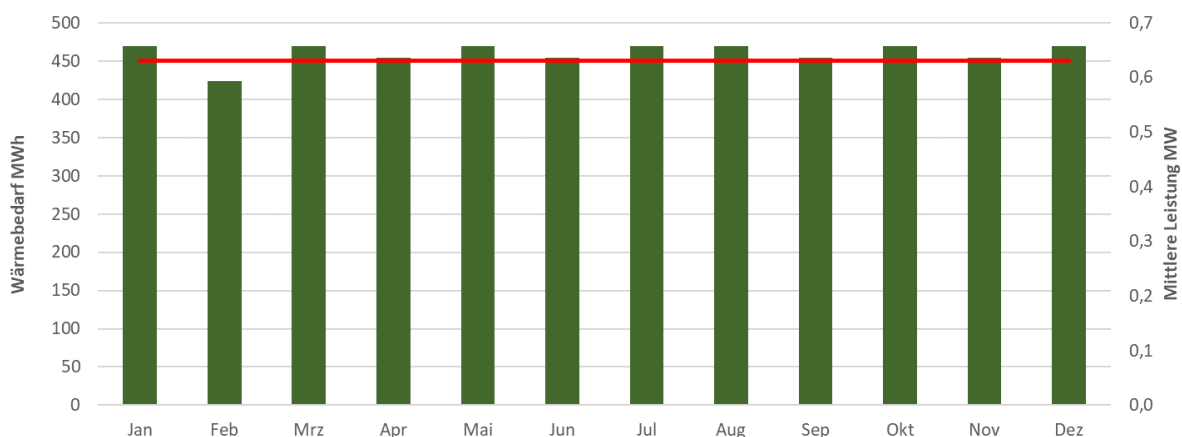


Abbildung 18: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Klärschlamm-trocknung

3.7 Zusammenfassung Wärmenutzung

Ausgehend von den Wärmepotenzialen in den Kapiteln zuvor wurden im nächsten Schritt Szenarien erarbeitet, welche das Gesamtwärmepotenzial abbilden. Dabei wurde unter anderem die Wahrscheinlichkeit des Anschlusses an das Fernwärme-Verbundsystem in Abhängigkeit von den Wärmegestehungskosten berücksichtigt. Private Haushalte, wie beispielsweise die Endkunden in den Potenzialen „Stadtwerke Bamberg – Netzverdichtung“ oder „Fernwärme Stadt Hallstadt“, sind mit Sicherheit bereit höhere Wärmepreise zu zahlen, wie beispielsweise ein Industriekunde, der einen vergleichsweise günstigen Gasbezugspreis hat. Generell wurde bei der Abschätzung der Wärmepreise, welche bei einem Anschluss an das Fernwärme-Verbundsystem bezahlt werden würden, die jeweiligen Gasbezugskonditionen der einzelnen Endkunden geschätzt und den Berechnungen zu Grunde gelegt.

Unter Annahme dieser Zahlen konnten zwei Ausbaustufen mit dem zur Verfügung stehenden Wärmepotenzial ermittelt werden.

3.7.1 Szenario 1: Vollausbau - Berücksichtigung aller vorhandenen Wärmepotenziale

In der ersten Stufe werden sämtliche, genannte Wärmepotenziale zusammengefasst. Mit diesem Szenario ist es möglich zu überprüfen, ob genügend Abnehmer für einen Weiterbetrieb des Gasturbinenkraftwerkes auf dem Michelin-Gelände vorhanden sind. In einem nächsten Schritt kann dann auch eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Weiterbetriebes gemacht werden.

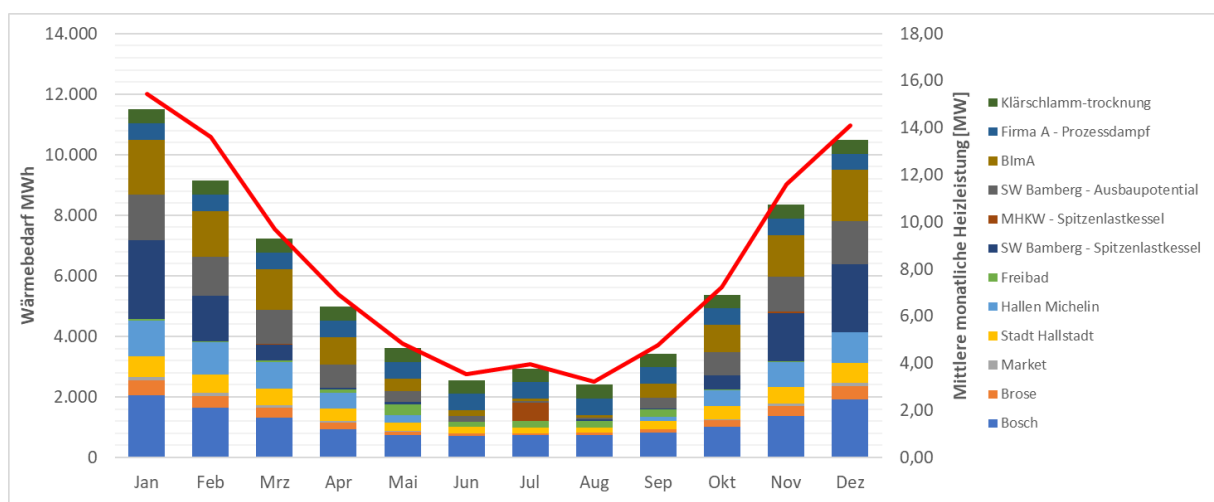


Abbildung 19: Wärmeszenario 1 - Vollausbau aller Wärmepotenziale

Wie aus der obigen Abbildung deutlich wird, sinkt die mittlere Heizleistung (rote Linie) trotz der Berücksichtigung aller Wärmepotenziale in den Sommermonaten (Mai – September) unter die notwendige Mindestheizlast von 4,8 MW um zumindest die kleinere der beiden Gasturbinen in Teillast betreiben zu können. Ein ganzjähriger Betrieb einer Gasturbine ist demnach mit dem jetzigen Erzeugerpark ausgeschlossen. In den Wintermonaten hingegen ist die Heizleistung mit 7 – 15,5 MW derart hoch, dass eine Turbine, selbst auf Volllast, nicht mehr ausreichen würde und die zweite Turbine hinzugeschaltet werden muss.

Für die weitere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird in diesem Szenario deshalb von einem saisonalen Betrieb der Gasturbinen während der Heizperiode ausgegangen. Zur Deckung der deutlich geringeren Sommerlast, bzw. der Lastspitzen in den Wintermonaten wird der Einsatz von anderen Erzeugungstechnologien geprüft.

In Summe werden bei diesem Szenario über ein Jahr ca. 72.000 MWh Wärme abgesetzt.

3.7.2 Szenario 2: Minimaler Ausbau – Berücksichtigung nur der als wahrscheinlich anzusehenden Wärmepotenziale

In diesem Szenario werden nur jene Ausbaupotenziale berücksichtigt, welche aufgrund der einfachen Erschließungsmöglichkeiten, attraktiven Wärmepreisen durch den Fernwärmeverbund oder aber auch schon stattgefundene Gespräche als wahrscheinlich angenommen werden können. Mit diesem Szenario ist es möglich eine „kleine Lösung“ zu entwickeln, auf welcher in Zukunft aufgebaut werden kann.

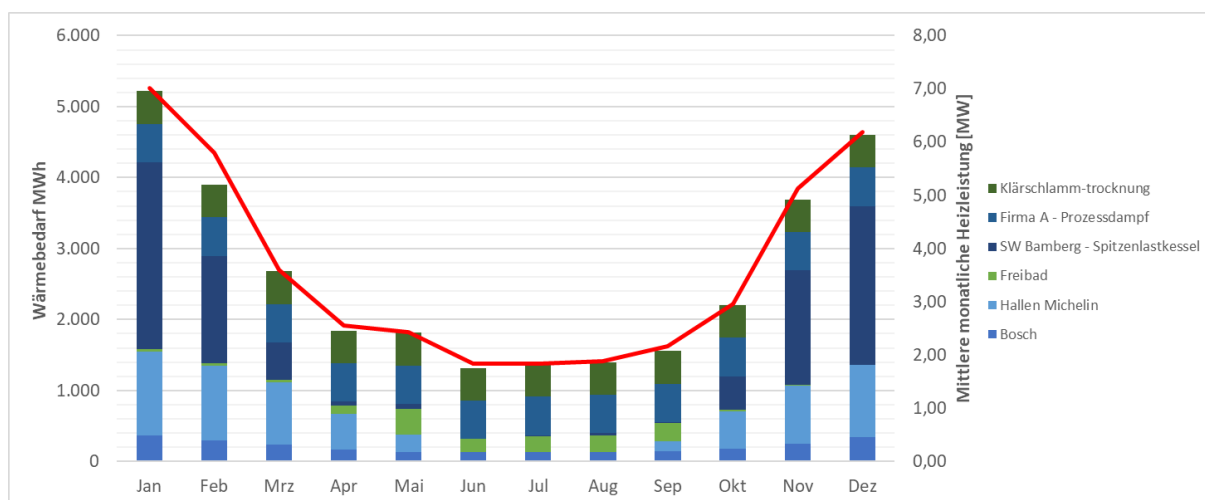


Abbildung 20: Wärmeszenario 2 - minimaler Teilausbau der Wärmepotenziale

Wie aus dem Szenario 1 zuvor bereits ersichtlich wurde, ist ein ganzjähriger Betrieb selbst im Vollausbau unmöglich. Durch die weitaus geringere Heizlast in Szenario 2 von ca. 2 MW in den Sommermonaten und einem Lastband zwischen 3 und 7 MW in der Heizperiode wird deutlich, dass ein Teillastbetrieb mit der vorhandenen kleinen Gasturbine nur von November bis Februar erfolgen kann. Für die geringere Heizlast in den restlichen acht Monaten des Jahres (März- Oktober) muss eine zusätzliche Erzeugung aufgebaut werden. Die größere der beiden Turbinen kann in diesem Szenario sogar gänzlich stillgelegt werden.

Als Alternative zu den Gasturbinen kommen mehrere Wärmeerzeuger in Betracht. Neben der klassischen, wenig zukunftsweisenden Gaskesselversorgung kommen für den Standort auch motorische KWK-Anlagen in Betracht, da bereits die komplette Infrastruktur hierfür im Kesselhaus vorhanden ist.

4 Möglichkeiten der Stromnutzung

In den Kapiteln 2.3 und 3 wurden bereits verschiedene künftige Szenarien für die Wärmenutzung im Heizkraftwerk erarbeitet. Da Michelin als Wärmenutzer künftig wegfällt, müssen für den Weiterbetrieb des Kraftwerks neue Nutzungsmöglichkeiten untersucht werden. Dies gilt neben der Wärme auch für den im KWK-Prozess erzeugten Strom. Neben der Standardmöglichkeit, der Stromeinspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung, sollen noch zwei weitere Vermarktungsszenarien für die elektrische Energie geprüft werden.

4.1 Vermarktung als Regelenergiekraftwerk

In Deutschland wird Regelleistung von den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern zentral über eine Internetplattform (www.regelleistung.net) beschafft. Die entsprechenden Rahmenbedingungen für die Regelenergievermarktung wurden von der Bundesnetzagentur in verschiedenen Beschlüssen für die drei Regelleistungsarten Primärregelleistung (PRL), Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenregelleistung (MRL) festgelegt. Diese unterscheiden sich neben vermarktungstechnischen Aspekten auch hinsichtlich der technischen Anforderungen, die bei der Erfüllung einzuhalten sind. So sind bei der Bereitstellung von Regelleistung in Deutschland laut TransmissionCode 2007 folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

<u>Minutenregelleistung:</u>	Die angebotene Leistung (Pel,MRL) muss innerhalb von max. 15 Minuten an- und abgefahren werden können. (Lastrampe: mind. 6,67 % Pel,MRL/min).
<u>Sekundärregelleistung:</u>	Die angebotene Leistung (Pel,SRL) muss innerhalb von max. 5 Minuten an- und abgefahren werden können. (Lastrampe: mind. 20,0 % Pel,SRL/min bzw. 0,33 % Pel,SRL/sec).
<u>Primärregelleistung:</u>	Die angebotene Leistung (Pel,PRL) muss innerhalb von max. 30 Sekunden linear an- und abgefahren werden können. (Lastrampe: 3,33 % Pel,PRL/sec).

Tabelle 3: Übersicht über die Arten der Regelleistung

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen bei Michelin konnte festgehalten werden, dass die Gasturbinen aus dem kalten Zustand heraus ca. 15 Minuten brauchen bis Sie am Netz sind. Bis die Anlagen schließlich auf Nennleistung betrieben werden können, vergehen weitere 15 Minuten.

Durch diese Aussage ist klar, dass eine Regelernergievermarktung nur aus dem laufenden Betrieb heraus stattfinden kann. Im Falle der in den Kapiteln zuvor angenommenen Wärmeabsatzszenarien also nur während der Heizperiode, da die Turbinen im Sommer still stehen. Das äußerst träge Lastverhalten der Anlage hat zudem zur Folge, dass nur die Bereitstellung von Sekundärregelleistung möglich ist. Das maximale, positive Regelleistungsvermögen wäre dann beispielsweise, die Differenz aus elektrischer Nennleistung und der niedrigst möglichen elektrischen Teillast, damit sich die Turbine bei einer Regelleistungsanforderung bereits im Betrieb befindet.

Regelleistung kann über sogenannte Aggregatoren wie beispielsweise die Firmen „Südvolt“ oder „Next Kraftwerke“ vermarktet werden. Erzeuger oder Verbraucher sollten hierfür eine installierte elektrische Leistung von mindestens 500 kW zur Verfügung haben und vorhalten können, was im Falle des Gasturbinenkraftwerkes bei Michelin sogar mehrfach überschritten wird.

Die Bereitstellung von Regelleistung wird mit einem Leistungspreis und einem Arbeitspreis (nur SRL, MRL) vergütet. Darüber hinaus wird bei SRL und MRL zwischen positiver und negativer MRL unterschieden: Wird bei einer KWK-Anlage beispielsweise die elektrische Leistung reduziert, dann wird negative Regelleistung zur Verfügung gestellt. Wird bei einer KWK-Anlage hingegen die Leistung erhöht, dann wird positive Regelleistung zur Verfügung gestellt.

Über die Höhe der zu erwartenden Zusatzerträge durch die Regelernergievermarktung kann zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch keine Aussage getroffen werden, da zum einen die Lastanforderungen seitens des Übertragungsnetzbetreibers stark schwanken und kaum prognostiziert werden können und zum anderen die möglichen Lastfenster in denen die Regelleistung künftig bereitgestellt werden kann, von der tatsächlich ausgebauten und abgeforderten Wärmelast abhängen.

4.2 Arealstromnetz

Der Begriff „Arealnetz“ beschreibt ein Strom- und Wärmenetz, welches zur Versorgung eines Gebietes, wie beispielsweise einer Wohnanlage oder eines Gewerbegebiets, betrieben wird. „Arealnetze“ bieten die Chance einer dezentralen Energieversorgung mit einer oder

mehrerer am Standort befindlichen Energieerzeugungsanlagen. Dadurch entsteht ein regionaler Wertschöpfungsprozess, bei dem Strom und Wärme in einem Gebiet gewinnbringend genutzt werden können.

Bei den „Arealnetzen“ unterscheidet man zwischen

- Kundenanlagen,
- Kundenanlagen zur betrieblichen Eigenversorgung und
- Geschlossenen Verteilernetzen.

Im Falle des hier betrachteten Kraftwerkes kommt in erster Instanz nur eine „Kundenanlage zur betrieblichen Eigenversorgung“ in Frage. Je nach Variation können für Betreiber und Letztverbraucher wirtschaftliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Energieversorgungen entstehen. Diese können beispielsweise durch vermiedene Netzentgelte, Umlagen, Steuern und Abgaben beim Strompreis erzielt werden.

Um ein „Arealnetz“ oder im speziellen hier eine „Kundenanlage zur betrieblichen Eigenversorgung“ in die Tat umzusetzen, müssen rechtliche Vorgaben des Gesetzgebers erfüllt werden. Nach §3 Nr. 24a EnWG sind die vier wichtigsten Vorgaben bezüglich Kundenanlagen folgende:

„Energieanlagen zur Abgabe von Energie,

- a) die sich auf einem räumlich zusammengehörenden Betriebsgebiet befinden,*
- b) mit einem Energieversorgungsnetz oder mit einer Erzeugungsanlage verbunden sind,*
- c) fast ausschließlich dem betriebsnotwendigen Transport von Energie innerhalb des eigenen Unternehmens oder zu verbundenen Unternehmen oder fast ausschließlich dem der Bestimmung des Betriebs geschuldeten Abtransport in ein Energieversorgungsnetz dienen und*
- d) jedermann zum Zwecke der Belieferung der an sie angeschlossenen Letztverbraucher im Wege der Durchleitung unabhängig von der Wahl des Energielieferanten diskriminierungsfrei und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.“*

Im Sinne des Gesetzes wäre das im Rahmen der Kundenanlage versorgte Gebiet demnach, auf das Betriebsgelände von Michelin beschränkt, da es sich zwar um mehrere Grundstücke handelt, welche aber unverkennbar durch einen Zaun als ein zusammengehöriges Gebiet erkennbar sind.

Als weitere Hürde zum Erhalt der Privilegien einer Kundenanlage kann der geforderte „fast ausschließliche betriebsinterne Transport von Energie“ gewertet werden. Demnach müsste der produzierte Strom – mit Ausnahme einer Drittmenge von max. 10 % - von einem Unternehmen am Standort direkt verbraucht werden, welches zugleich Betreiber des

Kraftwerkes ist. Zum derzeitigen Stand der Untersuchungen liegen keine Strombedarfsprognosen der potenziellen Nachnutzer vor. Nach Rücksprache mit allen beteiligten Akteuren wurde jedoch bestätigt, dass aktuell kein derart energieintensiver Nachnutzer im Gespräch ist, weshalb dieses Vermarktungsmodell vorerst nicht konkretisiert oder weiterverfolgt wird.

4.3 Netzdienlicher Betrieb im Netz der SW Bamberg

Ein letztes Szenario zur Vermarktung des produzierten Stromes, wäre der sogenannte netzdienliche Betrieb für den örtlichen Grundversorger. Grundversorger am Standort der KWK-Anlage bei Michelin sind die Stadtwerke Bamberg.

Ein Grundversorger bezieht seine Energiemengen aus der vorgelagerten Netzebene des Übertragungsnetzbetreibers. Dabei zahlt dieser ebenso wie ein Industriekunde einen Leistungs- und Arbeitspreis. Der Leistungspreis richtet sich beispielsweise nach der je Kalenderjahr innerhalb von einer Viertelstunde gemessenen maximalen Bezugsleistung. Ein großer Stromerzeuger wie die Gasturbinen im Michelin-Kraftwerk könnten so zur Vermeidung von Bezugslastspitzen im Netzgebiet eingesetzt werden.

Zudem sind für einen Netzbetreiber bei einer „Erzeugung im räumlichen Zusammenhang“ Stromsteuererleichterungen möglich, welche jedoch erst noch konkret anhand der zur Beantragung der Erleichterungen geltenden Gesetzes geprüft werden müssen. Der räumliche Zusammenhang ist im konkreten Fall erfüllt, da die Entnahmestellen der Stadtwerke Bamberg innerhalb des vorgeschriebenen 4,5 km – Radius um die Erzeugungsanlage liegen.

Die Anlagenleistung der Bestands-KWK-Anlagen hingegen überschreitet die Ausschreibungsgrenze, was automatisch zu einem Ausschluss von den Stromsteuerprivilegien führt. Mögliche neue und kleinere KWK-Anlagen unterhalb der Ausschreibungsgrenze würden von den Steuererleichterungen hingegen profitieren.

Voraussetzung für den Erhalt der zuvor beschriebenen Privilegien ist neben einer entsprechenden Flexibilität der Erzeugungsanlage, welche im Kapitel 4.1 bereits beschrieben wurde zudem, dass die Stadtwerke Bamberg der zukünftige Betreiber der Erzeugungsanlage sind. Netzbetreiber und Kraftwerksbetreiber müssen demnach dieselbe juristische Person sein.

Nach derzeitigem Stand der Verhandlungen und Gespräche unter den beteiligten Akteuren zeichnet sich jedoch in keiner Weise ab, dass die SW Bamberg alleine das Kraftwerk übernehmen wollen. Konkret wurde diese Frage auch noch zu keinem Zeitpunkt an die

Stadtwerke und deren Verantwortlichen herangetragen. Vielmehr scheint es so, als ob sich im Falle eines wirtschaftlich darstellbaren Weiterbetriebes des Kraftwerkes, mehrere Akteure zu einer Betreibergesellschaft vereinen und gemeinsam agieren.

5 Möglichkeiten der Wasserstoffnutzung

In folgendem Kapitel werden verschiedene künftige Szenarien der Wasserstoffnutzung geprüft. Unter anderem wird untersucht, ob das Kraftwerk mit einem Erdgas-Wasserstoffgemisch betrieben werden kann. Die Nutzung von „grünem Wasserstoff“ aus einer Power-to-Gas-Anlage hätte positive Auswirkungen auf die Vermarktung des Stroms aus dem Kraftwerk, da dieser dann auch „grüner“ wird.

Bevor diese Ansätze jedoch in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung miteinbezogen werden, müssen zunächst die Rahmenbedingungen und Standortfaktoren einer solchen Power-to-Gas-Anlage geklärt und erarbeitet werden.

In einem ersten Schritt wird hierzu kurz auf die Klassifizierung von Wasserstoff eingegangen. Sollte diese Voruntersuchungen positiv verlaufen, so wird bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine entsprechende Investition in eine Power-to-Gas-Anlage in Verbindung mit dem Kraftwerk basierend auf Marktdurchschnittskosten berücksichtigt.

5.1 Klassifizierung von Wasserstoff

<u>Grauer Wasserstoff</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung aus fossilen Energieträgern • Erdgas wird thermisch gespalten. Es entsteht H₂ und CO₂ • CO₂ wird an die Umwelt abgegeben • Derzeitiger Stand der Technik • Aus umwelttechnischem Gesichtspunkt keine Vorteile gegenüber echten fossilen Energieträgern
<u>Blauer Wasserstoff</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung analog zu „grauem Wasserstoff“ • CO₂ wird während des Herstellungsprozesses von H₂ abgeschieden und eingelagert. • Technologie noch in Entwicklung. • Kernfrage: „Was macht man mit dem zwischengespeicherten CO₂?“ • Bei erfolgreicher und dauerhafter Einlagerung ist dieser Wasserstoff bilanziell gesehen CO₂-neutral.

<u>Türkiser Wasserstoff</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung durch abgeänderten chemischen Prozess, im Vergleich zu grauem und blauen Wasserstoff aus Methan. • Anstatt CO₂ wird während des Herstellungsprozesses fester Kohlenstoff (C) abgetrennt. Dieser kann weiterverarbeitet oder eingelagert werden. • Technologie noch in Entwicklung • Solange der Kohlenstoff gebunden bleibt, ist der produzierte Wasserstoff CO₂-neutral.
<u>Grüner Wasserstoff</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung mittels Elektrolyse aus Wasser und erneuerbarem Strom • nicht CO₂-neutral, sondern komplett CO₂-freier Wasserstoff • Technologie mittlerweile im industriellen Maßstab verfügbar. • derzeit noch sehr teuer

Tabelle 4: Klassifizierungen von Wasserstoff nach seiner Erzeugung

Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist mit Ausnahme des grünen Wasserstoffes, immer ein fossiler oder aufwendig hergestellter erneuerbarer Energieträger (z.B. Biomethan) notwendig, um daraus dann Wasserstoff herzustellen. Neben der Lagerthematik für das abgetrennte CO₂ beziehungsweise den reinen Kohlenstoff, sprechen weitere Faktoren gegen eine langfristige Integration dieser Wasserstoffarten. Allem voran die wirtschaftlichen Aspekte, da davon auszugehen ist, dass die Ausgangsenergieträger in den kommenden Jahren immer teurer werden. Beim grünen Wasserstoff hingegen ist mit einer deutlichen Preissenkung zu rechnen, da die Elektrolyse-Technologien durch die zunehmende Serienfertigung kostengünstiger werden und auch der erneuerbare Strom durch den weiteren Ausbau immer erschwinglicher wird. Beim Einsatz von überschüssigem EE-Strom erhält der Betreiber für die Abnahme der elektrischen Energie sogar eine Vergütung. Stichwort: Regelenergie.

5.2 Nutzungsmöglichkeiten / Standortvorteile / Potenziale

Langfristig wurden Überlegungen angestellt, die Turbinen anteilig oder komplett mit Wasserstoff anstelle von Erdgas zu betreiben. Dadurch soll die CO₂-Bilanz der im KWK-Prozess erzeugten Energien Strom und Wärme deutlich verbessert werden.

Nach Rücksprache mit der Firma Turbomach, dem Hersteller der Turbinensätze im Kraftwerk bei Michelin, könne demnach ein Wasserstoffanteil von ca. 10% dem Erdgas beigemischt werden, ohne dass große Modifikationen vorgenommen werden müssen. Darüber hinaus sind umfangreiche Anpassungen notwendig.

Eine Beimischung in diesem Prozentbereich wirkt im ersten Moment gering, kann jedoch auf die CO₂-Bilanz deutliche Auswirkungen haben. Die für diesen Anteil notwendigen absoluten Wasserstoffmengen sind im Verhältnis zum derzeit produzierten Wasserstoff jedoch enorm und aktuell nicht konkurrenzfähig zu beziehen, da grüner Wasserstoff mit ca. 30 ct/kWh aktuell noch ca. 10-mal so teuer ist, wie Erdgas. Ein Einsatz im Kraftwerksprozess wird deshalb aktuell nicht weiter verfolgt.

Auch wenn der wirtschaftliche Einsatz im Kraftwerk momentan nicht realisierbar ist, bietet der Standort weitere Vorteile für die Ansiedlung von Wasserstofftechnologien zu Forschungszwecken:

- Hohe Stromanschlussleistung
- Hohe Gasanschlussleistung
- Ausgewiesenes Industriegebiet
- PV Anlagen auf den Hallen und Carports von Michelin (mehrere MW Leistung)

Wie im Kapitel 5.1 bereits erwähnt, ist lediglich grüner Wasserstoff als sinnig für die Zukunft anzusehen. Von Überlegungen, Elektrolyse-Anlagen am Standort mit Strom aus dem Netz oder der Gasturbinen-KWK-Anlage zu betreiben, nehmen wir an dieser Stelle Abstand.

Die auf dem Carport und den Dächern der Produktionshallen installierten Photovoltaik-Anlagen hingegen bieten jedoch ein großes erneuerbares Potenzial, mit welchem in Zukunft an der Weiterentwicklung der Elektrolyse-Technologien am Standort geforscht werden kann. In Rücksprache mit den Beteiligten bei Michelin befinden sich die PV-Anlagen derzeit aber nicht im Besitz des Unternehmens. Über eine mögliche Übernahme oder Weiternutzung dieser Erzeugungsanlagen kann erst nach Ablauf der 20-jährigen EEG-Bindung mit dem Eigentümer verhandelt werden.

6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Nach Prüfung und Erörterung aller möglichen Randbedingungen, Wärmeszenarien und Vermarktungsmöglichkeiten soll nun im folgenden Kapitel eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von denkbaren Szenarien für den Weiterbetrieb des Michelin-Kraftwerkes erfolgen.

6.1 Randbedingungen und Annahmen

Nach mehreren Terminen und Gesprächen mit dem jetzigen Betreiber Michelin wurde vom Unternehmen die Entscheidung getroffen, im Falle eines Weiterbetriebes selbst nicht mehr als Betreiber agieren zu wollen. Eine Stromvermarktung im eigenen Bilanzkreis von Michelin, wie Sie derzeit betrieben wird, scheidet daher für die Zukunftsszenarien aus.

Da alternative Stromvermarktungsmöglichkeiten zum jetzigen Stand der Studie noch nicht monetär beziffert werden können und auch der spätere Betreiber bzw. die Betreibergesellschaft noch unklar ist wird in der ersten Näherung auf eine Berücksichtigung dieser Vermarktungsmöglichkeiten in der Wirtschaftlichkeitsabschätzung verzichtet. Nach Festlegung der finalen und wirtschaftlichsten Variante können die Mehrerlöse durch die alternative Vermarktung separat und präzise ermittelt werden, was zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich ist.

Letztlich verbleibt aktuell nur die gesicherte Einspeisung der produzierten Strommengen in das öffentliche Netz. Durch Modernisierung oder Zubau von KWK-Anlagen lassen sich hier noch Mehrerlöse durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz erzielen, was bei der Auswahl der Varianten mit berücksichtigt wurde.

Basierend auf den entwickelten Wärmeszenarien wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Betriebsweise des Michelin-Kraftwerkes als Heizkraftwerk für die Region Bamberg / Hallstadt durchgeführt. Dabei wurden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten ermittelt. Die Gesamtkosten geben an, welche Ausgaben und Einnahmen für eine Energieversorgungsvariante unter Berücksichtigung von Kapital-, Instandhaltungs-, Wartungs-, Verbrauchs- und sonstigen Kosten, sowie eventuellen Einnahmen bzw. vermiedenen Bezugskosten durch die Stromproduktion jährlich anfallen.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende Grundannahmen:

- Das Bezugsjahr ist 2020.
- Der Betrachtungszeitraum beträgt 15 Jahre.
- Alle angesetzten Preise sind Nettopreise.
- Der kalkulatorische Zinssatz beträgt konstant 1,5 % über 15 Jahre.
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant. Preisänderungen, beispielsweise durch steigende CO₂-Preise sind bereits berücksichtigt.

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).

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die im Regelfall von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier kalkulierten Werten noch abweichen.

Die Investitionskosten umfassen im Einzelnen:

- Wärmeerzeuger (Kessel / KWK) inkl. Einbindung
- Nahwärmenetz mit Übergabestationen an nachgelagerte Netze
- Projektplanung

Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten in erster Linie Kosten für die Wartung, Betriebsführung 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 wurden pauschal angesetzt.

Die verbrauchsgebundenen Kosten setzen sich aus den Brennstoffkosten und Kosten für Hilfsenergie zusammen. Für die Brennstoffe selbst wurden folgende Nettopreise zu Grunde gelegt:

- Erdgas: 2,9 ct/kWh Hs
- Biomethan: 8,4 ct/kWh Hs
- Strom: 4,0 ct/kWh (Eigenstromnutzung)

Die sonstigen Kosten umfassen Kosten für Verwaltung und Versicherung. Die Versicherungskosten wurden prozentual an den Investitionskosten für die Anlagentechnik angesetzt.

Förderungen:

Da alle betrachteten Konzepte auf ähnlichen Erzeugungstechnologien basieren, sind auch die in Frage kommenden Förderprogramme identisch. Ein Überblick über die möglichen Förderungen wurde in Kapitel 7 zusammengestellt.

6.2 Varianten

In Rücksprache mit allen beteiligten Akteuren, hatte der Weiterbetrieb des Kesselhauses und der darin enthaltenen Anlagenperipherie über das Produktionsende bei Michelin hinaus größte Priorität. Der Weiterbetrieb würde einen Fortbestand von jetzigen Arbeitsplätzen am Standort Hallstadt garantieren. Ziel war es daher zunächst, auf Basis der erarbeiteten Wärmeszenarien eine Wärmeversorgung mit den Bestandsanlagen aufzubauen. Hierfür wurde aus den theoretisch ermittelten Wärmebedarfsmengen eine Jahresdauerlinie gebildet, anhand welcher die Laufzeiten der einzelnen Erzeugungseinheiten gut abgeschätzt werden konnten. Mit diesen Zahlen zum Betrieb der Anlage wurde dann anschließend die Kalkulation aufgebaut. Die Varianten V1.1 und V2.1 beschreiben also die Erzeugung der Wärmeszenarien 1 und 2 alleinig mithilfe der bestehenden Gasturbinen und deren

Abhitzekesseln mit Zusatzfeuerung. Wie aus der nachfolgenden Jahresdauerlinie hervorgeht, kann die kleine Gasturbine (hellblau) nur ca. 3.000 Stunden pro Jahr betrieben werden, da in den wärmeren Monaten die Heizlast (rot) unterhalb der Teillastgrenze der Turbine liegt. Der Erzeugungsanteil der Zusatzfeuerung im Kessel wäre mit ca. 32 Prozent entsprechend hoch. Die große Turbine kann mangels Wärmeabsatz in diesem Szenario nicht mehr betrieben werden.

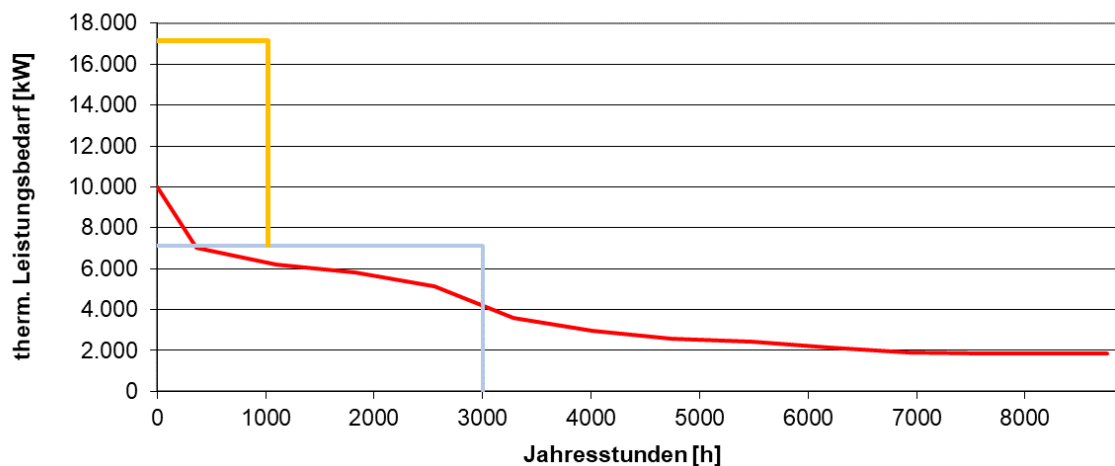


Abbildung 21: Jahresdauerlinie - Variante V1.1

Im Vergleich dazu liegt der Wärmeabsatz in Variante 2.1 mit rund 72.000 MWh in etwa doppelt so hoch.

In diesem Szenario können hingegen beide Turbinen zumindest zeitweise weiter betrieben werden. Während KWK 1, die kleinere der beiden Turbinen bis zu 5.500 Stunden pro Jahr laufen kann, beschränkt sich der Einsatzzeitraum der großen Turbine (KWK 2) auf die kältesten Monate, sodass in Summe nur knapp über 1.500 Vollbetriebsstunden zusammenkommen. Die Laufzeiten der beiden Turbinen hängen direkt voneinander ab und können je nach Betriebsstrategie noch abweichen.

Trotz des verdoppelten Wärmeabsatzes ist die Sommerlast immer noch unterhalb der Teillastgrenze der Gasturbinen. Daraus resultiert, dass auch beim Vollausbau aller möglichen Wärmepotenziale, die sommerliche Wärmelast von den Abhitzekesseln mit Zusatzfeuerung generiert werden muss, da diese ein besseres Teillastverhalten haben, als die Turbinen.

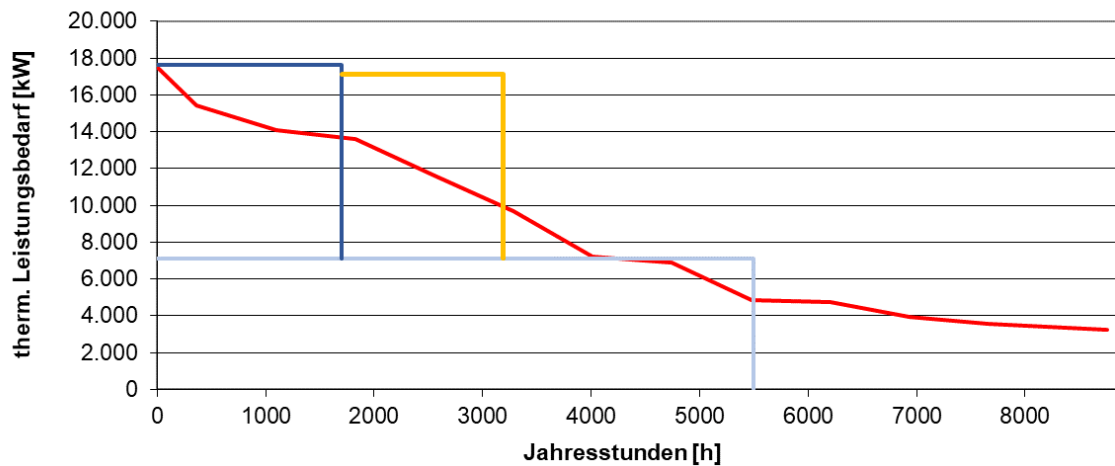


Abbildung 22: Jahresdauerlinie - Variante V1.2

Ob derart kurze Betriebszeiträume wirtschaftlich darstellbar sind, zeigt sich in der anschließenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Um „über den Tellerrand“ hinauszublicken stellte das Institut für Energietechnik weitere Überlegungen an, auf welche Art das bestehende Kesselhaus umgebaut oder ergänzt werden könnte, damit zum einen der Betrieb wirtschaftlicher wird und zum anderen die teilweise hohen Laufzeiten der Erdgasbrenner der Zusatzfeuerungen weniger Last abdecken müssen.

Da die Infrastruktur zur Versorgung mit Erdgas und zum Einspeisen von Strom und Wärme in entsprechende Netze bereits besteht, ist das jetzige Kesselhaus bestens für den Einsatz von KWK-Anlagen optimiert. Neben den installierten Gasturbinen gibt es eine zweite Art von KWK-Anlagen, welche zum Antrieb des Generators keine Turbinen, sondern Verbrennungsmotoren einsetzen. Diese, am weitesten verbreitete, Art der Kraft-Wärme-Kopplung weist einen deutlich höheren elektrischen Wirkungsgrad auf und hat weitere Vorteile im Betriebsverhalten. Damit ist gemeint, dass neben einem bis auf teilweise 30 % der Nennleistung regulierbarem Teillastbetrieb gegenüber der Gasturbine, auch die Startzeiten und sogenannten Leistungsgradienten deutlich kürzer ausfallen. Diese Faktoren machen motorische KWK-Anlagen sehr interessant für die Teilnahme am Regelleistungsmarkt.

Aus den vorgenannten Gründen hat man sich in Abstimmung mit allen Akteuren deshalb dazu entschlossen, die ursprüngliche Betrachtung der Bestandspерipherie um zwei weitere Szenarien V1.2 und V2.2 zu erweitern, in welchen die Erzeuger im Kesselhaus um ein motorisches BHKW ergänzt werden.

In Variante V1.2 in welcher bisher nur die kleine Gasturbine, sowie der Abhitzekeessel in Betrieb waren, wurde zusätzlich ein motorisches BHKW (dunkelblau) mit einer elektrischen Nennleistung von 3.500 kW berücksichtigt. Wie aus der nachfolgenden Jahresdauerlinie hervorgeht, konnte die Laufzeit des Kessels dadurch eindeutig verringert werden, da durch den effizienten Teillastbetrieb des BHKW's auch im Sommer teilweise Wärme aus einer KWK-Anlage bereitgestellt werden kann. In Zahlen konnte der Wärmeerzeugungsanteil der Erdgas-Zusatzfeuerung von 32 auf 5 Prozentpunkte reduziert werden.

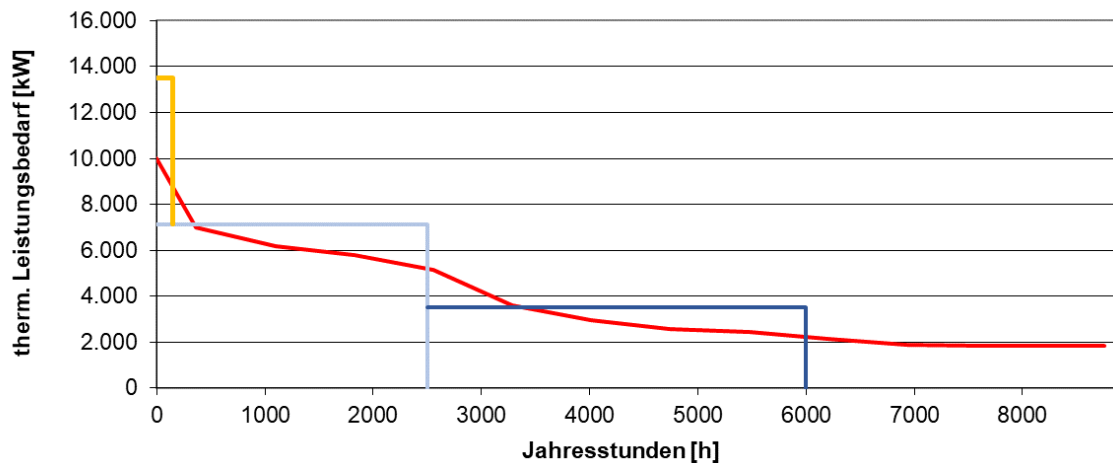


Abbildung 23: Jahresdauerlinie - Variante V2.1

Zusätzlich erhält man für den Betrieb einer neuen KWK-Anlage einen KWK-Zuschlag auf jede ins öffentliche Netz eingespeiste Kilowattstunde Strom. Der Zuschlag ist limitiert auf 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr, weshalb die Laufzeiten des BHKW's dahingehend optimiert wurden. Genauere Informationen zur Vergütung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) sind in Kapitel 7 zu finden.

Analog wurde bei Variante V2.2 verfahren, bei welcher die Leistung der motorischen KWK-Anlage durch den höheren Wärmeabsatz allerdings auf 5.000 kW elektrischer Leistung erhöht wurde. (siehe Abbildung 24)

In Variante V2.2 bleibt der Erzeugungsanteil der Zusatzfeuerung zunächst nahezu identisch. Durch das motorische BHKW kann jedoch die große Turbine (KWK 2) stillgelegt werden, welche in V2.1 ohnehin schon geringe Laufzeiten hatte.

In einer weiteren Betrachtung könnte geprüft werden, die Laufzeiten der Abhitzekeessel auch hier weiter zu minimieren, indem man das BHKW über den Vergütungszeitraum hinaus betreibt. Welche Auswirkungen dies auf die Gesamtwirtschaftlichkeit und die CO₂-Bilanz der Variante hat, übersteigt den hier gesteckten Rahmen und müsste nach dem feststehen des

wirtschaftlichsten Szenarios weiter im Detail geprüft werden. Die Möglichkeit behält man sich mit dieser Variante jedoch immer offen.

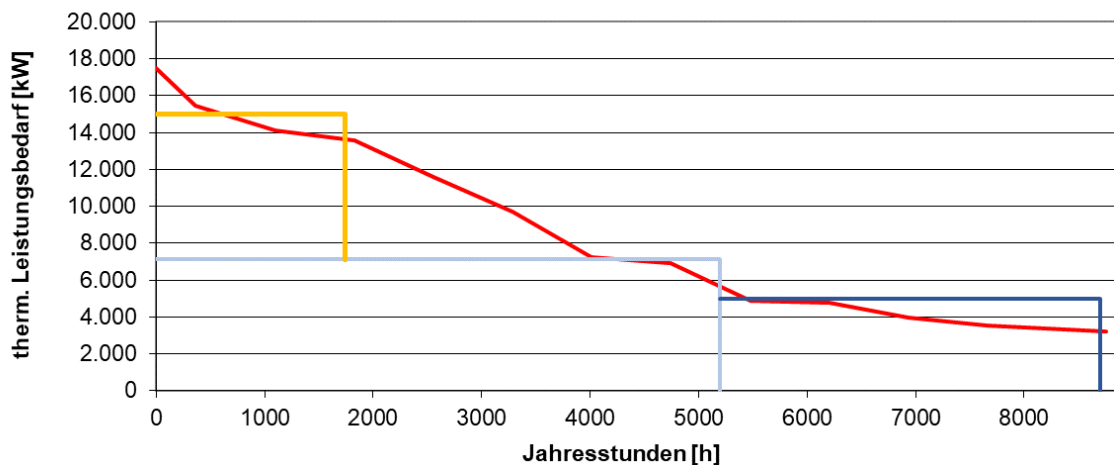


Abbildung 24: Jahresdauerlinie - Variante V2.2

Um die betrachteten Varianten noch einmal zusammenzufassen, zeigt die nachfolgende Grafik alle Erzeugungsanlagen, welche in den jeweiligen Szenarien zum Einsatz kommen.

	V 1.1 min. Wärmeabsatz	V 1.2 min. Wärmeabsatz	V 2.1 max. Wärmeabsatz	V 2.2 max. Wärmeabsatz
	<i>Bestandsperipherie</i>	<i>Bestandsperipherie BHKW</i>	<i>Bestandsperipherie</i>	<i>Bestandsperipherie BHKW</i>
KWK 1				
KWK 2				
BHKW 3,5 MW				
BHKW 5,0 MW				
Abhitzeessel				

Tabelle 5: Matrix zu den eingesetzten Erzeugern in den verschiedenen Varianten

6.3 Investitionskosten

In Abbildung 25 sind die Investitionskosten der einzelnen Varianten im Vergleich zueinander dargestellt. Was bei Betrachtung der Grafik sofort ins Auge fällt ist, dass die Investitionskosten in die Schaffung der Fernwärmeinfrastruktur zum Absatz der Wärmemengen in allen Varianten gleich hoch sind und mit gut 4,2 Mio. EUR berücksichtigt sind. Darin ist bereits eine Beihilfe nach dem KWKG in Höhe von 40 % der förderfähigen Investitionskosten berücksichtigt. Genauere Informationen zur Förderung folgen in Kapitel 7.2. Die in Summe höchsten Investitionskosten entstehen bei V2.2 durch den Einsatz des BHKW's mit einer elektrischen Leistung von 5,0 MW. Die geringsten Investitionskosten entstehen bei Variante V1.1 und V2.1. Hier wird neben dem Netz nur in den Umbau der Wärmeauskopplung an den Bestandsanlagen investiert.

Alle Kostenpositionen wurden anhand von Richtwerten und marktüblichen Preisen geschätzt und können sich abhängig von der Variante noch deutlich verändern. Eine detaillierte Angebotseinholung erfolgte im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da der konkrete Projektrahmen bzw. die künftig eingesetzte Anlagentechnik und -größe noch nicht final festgelegt werden kann.

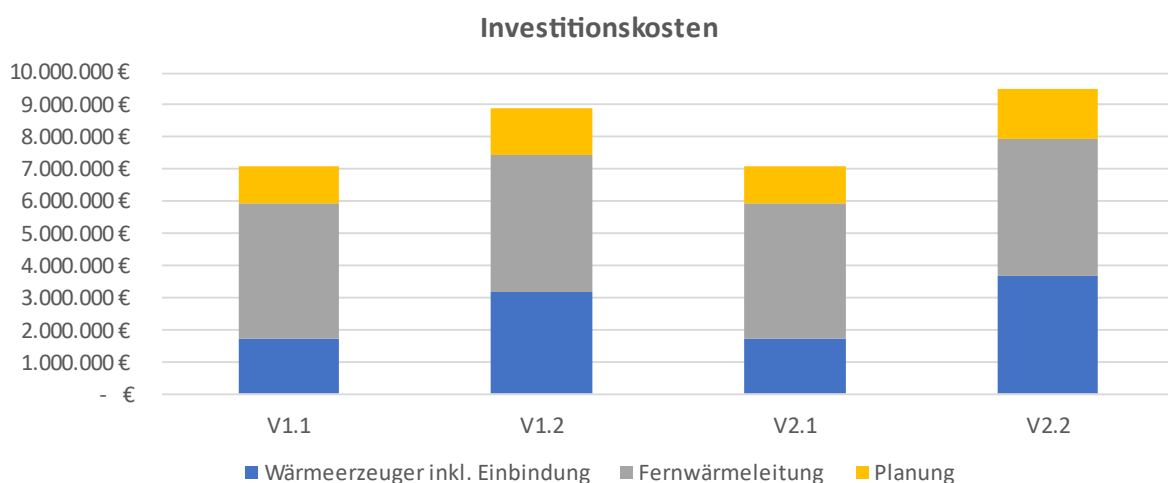


Abbildung 25: Investitionskosten aller Varianten im Vergleich

6.4 Einnahmen / Ausgaben

Um einen Überblick über die jährlich auftretenden Zahlungsflüsse zu erhalten, sind im nachfolgenden Diagramm die jährlichen Einnahmen und Ausgaben aufgetragen. Zu Beachten ist dabei, dass die dargestellten Beträge bei den Erlösen, dem mittleren Ergebnis

über den Betrachtungszeitraum entsprechen, da Einnahmen, wie beispielsweise der KWK-Zuschlag nicht über den vollen Vergütungszeitraum ausbezahlt werden.

Der Anteil der Kapital- und Betriebskosten an den Gesamtausgaben ist verhältnismäßig gering, da ein Großteil der bei solch einem Projekt zu tätigen Investitionen bereits im Kesselhaus vorhanden sind und der Personalaufwand überschaubar ist. Den größten Anteil an den laufenden Kosten stellen die Brennstoffeinkäufe dar, weshalb sich Änderungen bei den Energiepreisen sehr sensibel auf die Gesamtkalkulation auswirken.

Da als Ziel der Betrachtung Wärmegestehungskosten ermittelt werden sollen, können die Wärmeeinnahmen hier nicht als Erlös berücksichtigt werden. Andere Einnahmen, beispielsweise aus der Vermarktung von produziertem Strom in der Regelenergie, sind in diesen Versorgungsansätzen nicht berücksichtigt, da diese noch nicht als zugesichert angenommen werden können. Der Einfluss solcher Zusatzerlöse kann nach dem Feststehen von definitiven Zahlen mit überschaubarem Aufwand beim Ergebnis berücksichtigt werden.

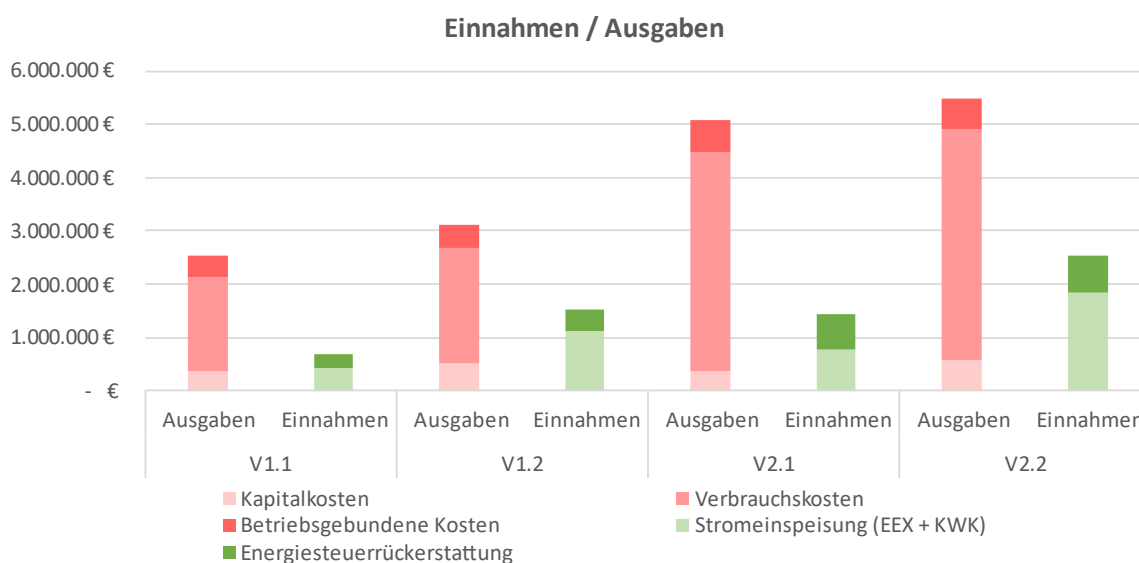


Abbildung 26: Einnahmen / Ausgaben aller Varianten im Vergleich

6.5 Jahresgesamtkosten / Wärmegestehungskosten

Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen- und sonstigen Kosten, abzüglich von zusätzlichen Einnahmen. Aus den Jahresgesamtkosten werden anschließend die spezifischen Wärmegestehungskosten (WGK) ermittelt, welche die Kosten pro Kilowattstunde 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. Im hier betrachteten Fall müssen dafür die WGK jedes einzelnen Endkunden, insbesondere der Industriekunden, herangezogen werden. Erst dadurch wird eine Aussage möglich, wie wahrscheinlich ein Anschluss der jeweiligen, potenziellen Abnehmer an den Fernwärmeverbund ist.

Die niedrigsten WGK fallen unter den angesetzten Randbedingungen mit knapp 3,9 Cent/kWh, netto beim Szenario V2.2 an, also der vollständigen Erschließung des Wärmepotenzials und dem Zubau eines motorischen BHKW's im Kesselhaus. Wärmegestehungskosten in dieser Größenordnung sind bei Industriekunden kaum konkurrenzfähig. Man konkurriert hier meist mit der betriebseigenen Erzeugung, basierend auf Erdgaskesseln, und sehr niedrigen Gaspreisen.

Sollten daraufhin einige Abnehmer Abstand von einem Anschluss an den Nahwärmeverbund nehmen, so werden die Varianten V1.1 und V1.2 immer realistischer, bei welcher mit rund 32.000 MWh pro Jahr weniger als die Hälfte des gesamten Wärmepotenzials abgesetzt wird. Durch die ähnlich hohen Investitionskosten, trotz des geringeren Wärmeabsatzes, steigen die Wärmegestehungskosten in diesen Varianten um 0,8 – 2,0 ct/kWh an. Derart hohe Preise werden von den meisten potenziellen Kunden jedoch nicht bezahlt, da deren Gasbezugsbedingungen und folglich eine eigene Erzeugungsanlage deutlich günstiger sind.

Auffällig bei der Betrachtung der nachfolgenden Grafik ist jedoch, dass sowohl beim konservativen, als auch beim Vollausbau-Szenario ein motorisches BHKW zu einer deutlichen Senkung der Wärmegestehungskosten führt.

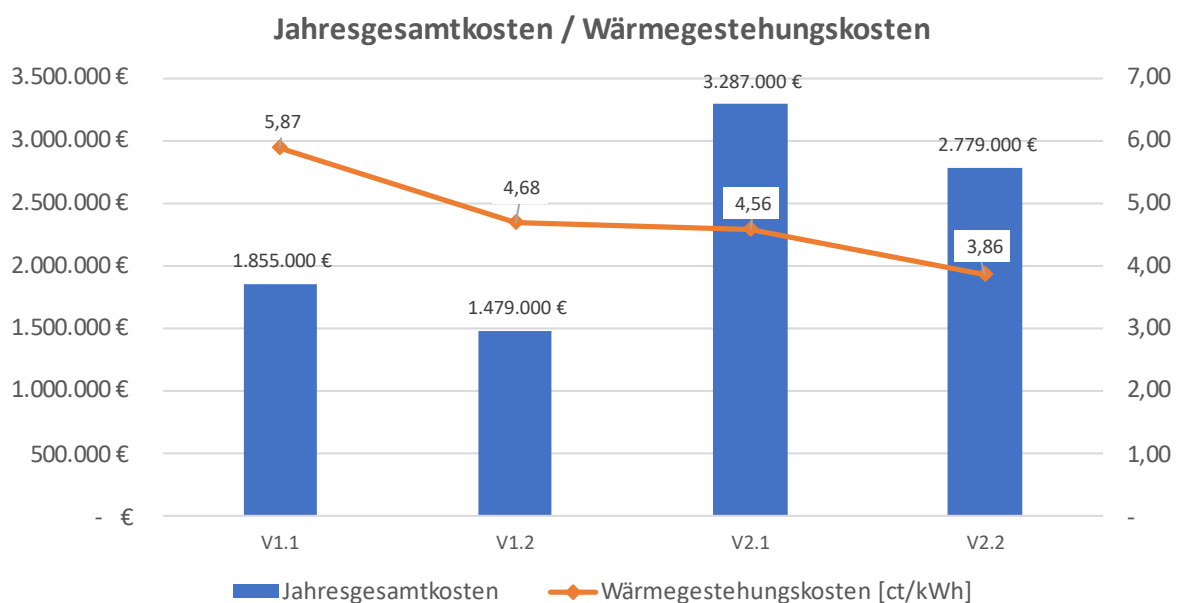


Abbildung 27: Jahresgesamtkosten / Wärmegestehungskosten aller Varianten im Vergleich

6.6 CO₂-Bilanz und Primärenergiefaktor

Im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde auch eine CO₂-Emissionsbilanz zu den untersuchten Varianten angefertigt. Dabei wurden alle ein- und ausgehenden Energieströme berücksichtigt.

Emissionen (rot) erzeugen dabei der für die Steuerung und Pumpen notwendige Hilfsstrom, sowie das zum Antrieb der Turbinen eingesetzte Erdgas. Für den produzierten Strom erhält der Betreiber hingegen eine CO₂-Gutschrift (grün), da der dezentral erzeugte Strom, elektrische Energie aus den Großkraftwerken verdrängt und nicht über weite Strecken verteilt werden muss.

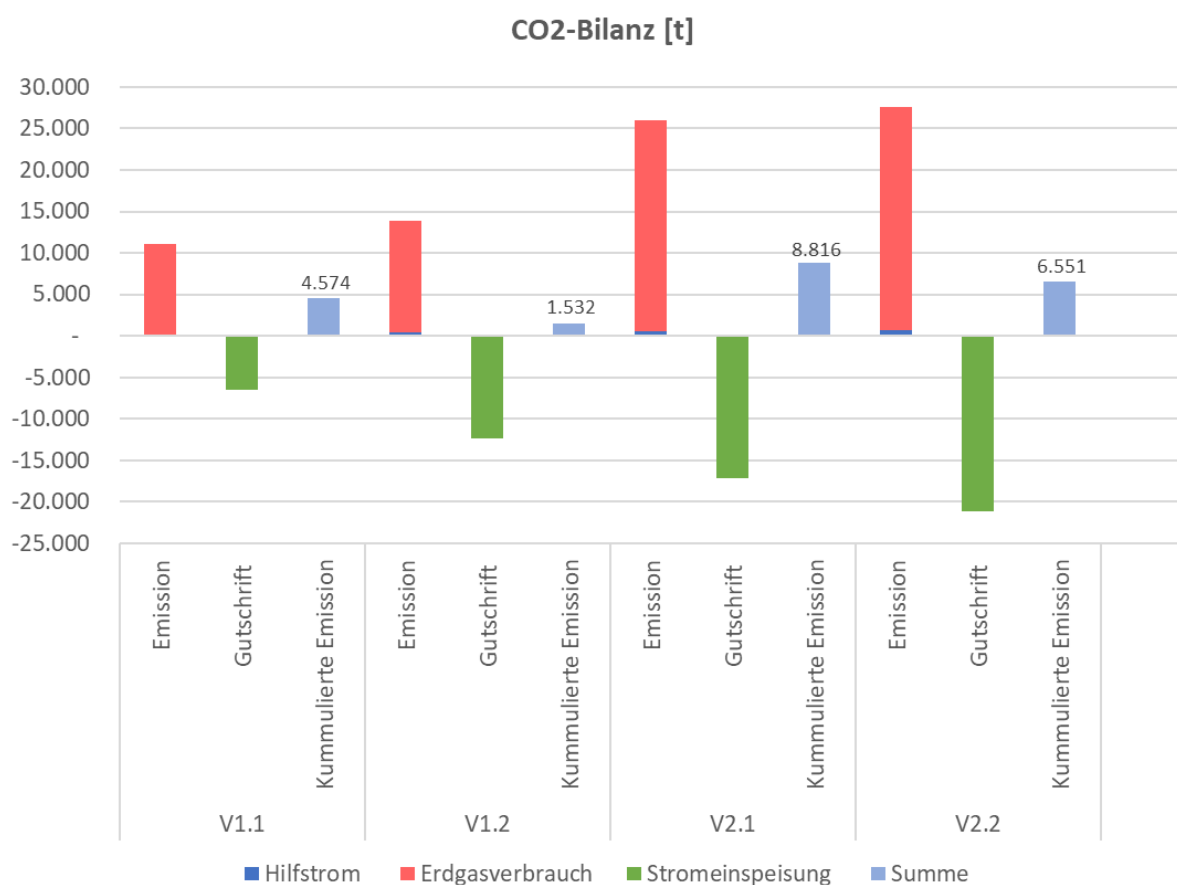


Abbildung 28: CO₂-Bilanz aller Varianten im Vergleich

Kumuliert man die Emissionen und die Gutschrift erhält man die fiktive CO₂-Emission nach der Stromgutschriftmethode. Bei der Betrachtung der einzelnen Varianten fällt auf, dass die Ansätze V1.2 und V2.2 mit zusätzlichen motorischen BHKW's auch bei den Emissionen Vorteile gegenüber den reinen Bestandsanlagen haben. Dies lässt sich unter anderem durch den höheren elektrischen Wirkungsgrad der Anlagen begründen. Darüber hinaus kann durch

das besserer Teillastverhalten der BHKW's ein weitaus größerer Anteil der benötigten Wärme in KWK-Anlagen erzeugt werden. KWK-Anlagen haben durch die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme, bezogen auf die CO₂-Emissionen, allgemein einen Vorteil gegenüber einer reinen Verfeuerung des Erdgases in Kesselanlagen.

Neben der CO₂-Bilanz macht sich dies auch beim Primärenergiefaktor bemerkbar.

Der Primärenergiefaktor, kurz f_p , bildet das Verhältnis aus eingesetzter Primärenergie und abgegebener Nutzenergie. Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die mit den natürlichen Energiequellen, wie etwa Kohle, Gas und Wind, zur Verfügung steht. Bis zum Verbraucher wird diese Primärenergie über Endenergie in Nutzenergie umgewandelt. Dieser Vorgang ist mit Verlusten behaftet, weshalb die Energiemenge, die im Rohstoff enthalten ist, nicht zu 100 % vom Verbraucher genutzt werden kann. Je nach Energieträger sind diese Verluste unterschiedlich hoch. Je niedriger der Faktor, desto geringer sind die Verluste.

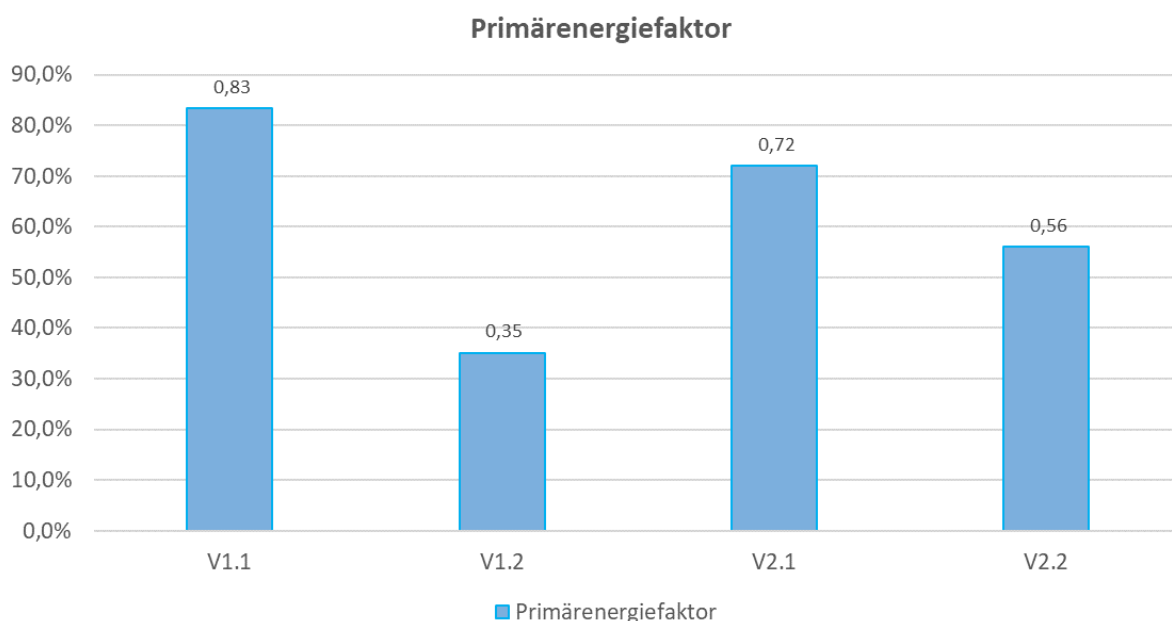


Abbildung 29: Primärenergiefaktor aller Varianten im Vergleich

Wie schon in den vorangegangenen Betrachtungen wirkt sich auch beim Primärenergiefaktor der zusätzliche Einsatz von BHKW's in den Varianten V1.2 und V2.2 positiv aus.

Durch den Nahwärmeverbund mit dem Zweckverband MHKW und den Stadtwerken Bamberg muss für das gesamte Netz ein einheitlicher Primärenergiefaktor ausgewiesen werden. Da die Müllverbrennung zu einer hoheitlichen Aufgabe zählt und deren Energieträger „Müll“ nicht als fossiler Primärenergieträger angesehen wird, darf für den durch Abfälle erzeugten Teil der Wärme ein Primärenergiefaktor von Null angesetzt werden,

vergleichbar mit Erneuerbaren Energieträgern wie Sonnenenergie oder Wind. Gesetzlich bedingt darf der Faktor jedoch nicht unter 0,3 liegen, weshalb hier aktuell dieser niedrigst mögliche Faktor ausgewiesen ist.

Solange nun im Fernwärmeverbund nur Spitzenlastkessel und andere Erdgas-Feuerungsstätten substituiert werden, verbessert sich der fp im Netzgebiet. Sobald jedoch darüber hinaus zusätzliche Wärmemengen seitens des Michelin-Kraftwerkes eingespeist werden - was in den beiden betrachteten Wärmeszenarien der Fall wäre – so steigt auch der fp im Netzgebiet ausgehend von 0,3 weiter an. Der neue Primärenergiefaktor liegt also zwischen dem des Müllheizkraftwerkes und dem des späteren Kraftwerkes bei Michelin.

In allen Fällen kann jedoch ein derart niedriger Primärenergiefaktor bereitgestellt werden, dass sämtliche gesetzliche Vorgaben bezüglich der Wärmeversorgung auch in Neubauten oder sanierten Gebäuden eingehalten werden.

7 Prüfung von Fördermöglichkeiten für das Vorhaben

Mögliche Förderprogramme für eine künftige Energieversorgung werden nachfolgend dargestellt. Es erfolgt keine Gewähr auf Vollständigkeit der Angaben und Programme.

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

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

Sonderförderungen wie beispielsweise eine Innovationsförderung werden nicht berücksichtigt.

Die nachfolgend aufgelisteten Förderprogramme zielen auf eine Förderung von Wärmenetzen ab, da letztlich diese Variante favorisiert wurde.

7.1 Vergütung für KWK-Anlagen nach dem KWKG

KWK-Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung bis < 1.000 kW erhalten für den eingespeisten KWK-Strom einen festen Zuschlag (siehe Abbildung 30) für eine Dauer von 30.000 Volllaststunden ab Aufnahme des Dauerbetriebes. Pro Kalenderjahr wird der Zuschlag jedoch max. 3.500 Vollbetriebsstunden ausbezahlt, auch wenn die Anlage real länger läuft.

Zuschläge nach KWKG 2016 (in der am 3.7.2020 beschlossenen Fassung)						
© Heinz Ullrich Brosziewski / B.KWK	nicht in das Netz der allg. Versorgung eingespeister Strom				in das Netz der allg. Versorgung eingespeister Strom	Dauer der Zuschlagszahlung
	§7 Abs. 2 Nr. 1	§7 Abs. 2 Nr. 2	§7 Abs. 2 Nr. 3	§7 Abs. 3	§7 Abs. 1	§8 Abs. 1 neue Anlagen (ohne Modernisierung)
obere 2 Zeilen: Sonderregeln für Anlagen ≤ 50 kW darunter: Anteil an der elektrischen KWK-Nettoleistung	Eigenversorgung ohne Lieferung an Dritte	Objektversorgung wenn volle EEG-Umlage nachweislich abgeführt wird (Lieferung an Dritte)	stromkostenintensive Industrie	wenn VO erlassen: Branche nach EEG 2014 Anlage 4 (VO bisher nicht erlassen)	gilt nicht, wenn §61e-f oder §104 Abs. 4 EEG zur Anwendung kommen	2020: unbegrenzt 2021: max. 5.000 2022: max. 5.000 2023: max. 4.000 2024: max. 4.000 2025 ff: max. 3.500 VBh/Jahr
	ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	max. ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	insgesamt max.
≤ 2 kW	Sonderregelung §9: einmalige Zahlung 4 ct/kWh für insgesamt 60.000 VBh als Wahloption					einmalig
P _{KWK,netto} ≤ 50 kW ^{k)}	8,0	8,0	8,0	8,0	16,0	30.000 Vbh
wenn P _{KWK,netto} > 50 kW:						
> 50 bis ≤ 100 kW	3,0	3,0	4,0	wird in der Verordnung nach §33 Abs. Nr. 1 festgelegt	6,0	30.000 Vbh
> 100 bis ≤ 250 kW	0,0	2,0			5,0	30.000 Vbh
> 250 bis ≤ 1.000 kW	0,0	1,5	2,4		4,4	30.000 Vbh
> 1.000 bis ≤ 2.000 kW	0,0	1,5	1,8		Ausschreibung^{*)}	30.000 Vbh
> 2.000 kW bis ≤ 50 MW	0,0	1,0	1,8		3,1 / 3,6 ^{a)}	30.000 Vbh
> 50 MW	0,0	1,0	1,8		0,3 ^{**)}	zusätzlich
wenn Anlage im TEHG	0,3	0,3	0,3			

^{k)} Die Gesamtfördersumme bleibt durch Verdopplung der Fördersätze bei Halbierung der Förderdauer rechnerisch gegenüber bisher unverändert.

^{*)} schon seit 2017: max. 3.500 VBh/Jahr

^{**)} gilt nicht für Ausschreibungsanlagen

^{a)} gilt ab 01.01.2023

Abbildung 30: Übersicht der KWK-Zuschläge nach KWKG 2020 [Quelle: www.bkww.de]

Bei größeren Anlagen wird die Vergütung entsprechend dem KWKG, durch eine Ausschreibung ermittelt. Der Zeitraum für die Auszahlung eines KWK-Zuschlags für Anlagen >1000 kW bleibt gleich. Mittelt man die erzielten Ergebnisse der Bieter in den letzten Ausschreibungsperioden, so kommt man auf einen KWK-Zuschlag von ca. 6,0 ct, wobei in den letzten Ausschreibungsrunden die ausgeschriebenen Mengen sogar unterzeichnet wurden. Dies bedeutet wiederum, dass durchaus noch höhere Vergütungen von bis zu 7,0 ct/kWh denkbar sind. Bei diesem Fördersatz limitiert dann der Gesetzgeber den Maximalzuschlag.

Außerdem erhält der Anlagenbetreiber eine zusätzliche Vergütung vom Stromnetzbetreiber für den eingespeisten Strom. Diese ist abhängig vom Strompreis für Baseload-Strom an der Strombörse und wird auf die vorangegangenen Quartale bezogen. In nachfolgender Abbildung ist eine Entwicklung des Preises seit dem Jahr 2009 dargestellt.

Die Verpflichtung des Netzbetreibers zur Abnahme und Vergütung von KWK-Strom aus KWK-Anlagen größer 50 kW entfällt, wenn der Netzbetreiber nicht mehr zu

Zuschlagszahlung verpflichtet ist. Die Kategorien der zuschlagsberechtigten KWK-Anlagen, insbesondere von Bestandsanlagen und modernisierten Anlagen, sind im Detail dem Gesetzestext zu entnehmen.

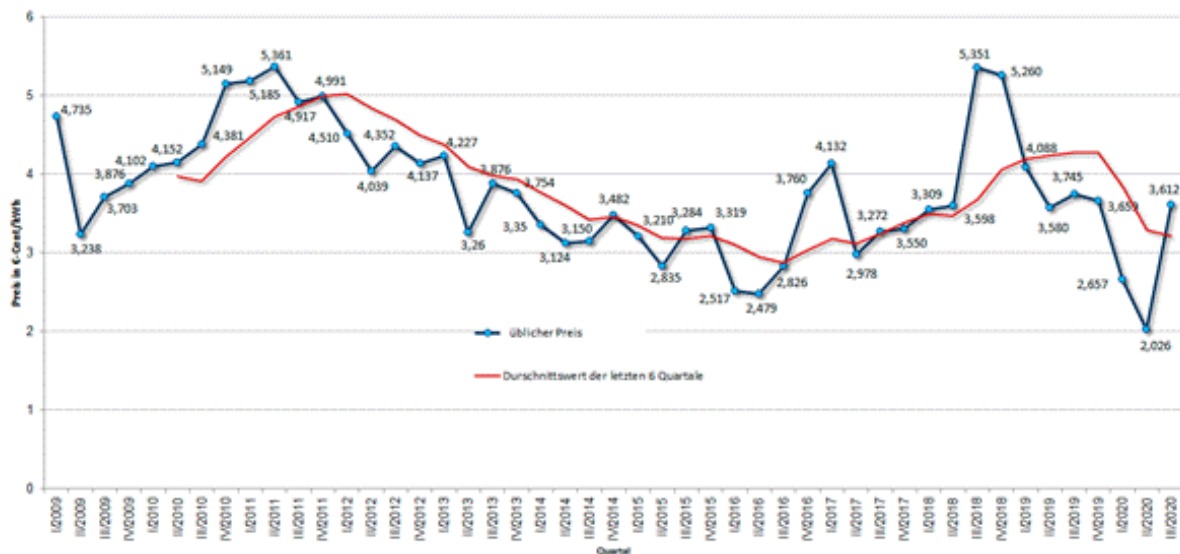


Abbildung 31: Entwicklung des "EEX-Baseload" für die KWK-Stromvergütung

[Quelle: BHKW Infozentrum]

Im Schnitt konnte in den letzten sechs Quartalen ein durchschnittlicher Börsenpreis von ca. 3,2 ct/kWh, mit leicht steigender Tendenz erzielt werden.

7.2 KWK-Gesetz für Wärmenetze (BAFA)

Im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) wird vom BAFA u. a. der Neubau und Ausbau von Wärmenetzen gefördert. Das neue KWK-Gesetz ist im Januar 2017 in Kraft getreten und wurde in der Fassung vom 04.08.2020 novelliert.

Förderungen nach dem KWKG welche in Form von Zuschlägen oder Einspeisevergütungen bei KWK-Anlagen ausgeschüttet werden, wurden in den entsprechenden Varianten bereits ausführlich beschrieben.

Darüber hinaus können nach dem KWKG auch Wärme- und Kältenetze gefördert werden. Fördervoraussetzung ist unter anderem, dass spätestens 36 Monate nach der Inbetriebnahme des Netzes mindestens 75 % der Wärmemenge, der an das Netz angeschlossenen Abnehmer, aus Kraft-Wärme-Kopplung nach Voraussetzungen des KWK-Gesetzes erzeugt werden muss. Der Nachweis muss in Form von Zählerdaten von 12 zusammenhängenden Monaten nachgewiesen werden. Alternativ kann ein Anteil der

geforderten 75 % KWK-Wärme auch aus Erneuerbaren Energien oder Abwärme bereitgestellt werden, solange mind. 10 % der Wärmemenge aus KWK-Anlagen kommt.

Die Regelungen im Bereich Wärme- und Kältenetze sehen folgenden seit der letzten Novellierung einheitlichen Fördersatz vor. Eine Unterscheidung nach Nenndurchmessern findet nicht mehr statt.

- Zuschlag von 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten
- max. 20 Mio. EUR pro Projekt

Zu den ansatzfähigen Investitionskosten gehören neben der eigentlichen Wärmeleitung auch andere Komponenten wie beispielsweise Wärmeübertrager zur hydraulischen Entkopplung innerhalb der Haupttrassen oder Leckage-Warnsysteme. Hausübergabestationen beim Endkunden oder andere Komponenten nach dem Hausabgang fallen nicht in den förderfähigen Teil dieses Programmes.

8 Akteursbeteiligung

Im Zuge der Konzepterarbeitung und der Erstellung des vorliegenden Berichts erfolgte stets ein umfänglicher Austausch mit dem Auftraggeber und Vertretern der Firma Michelin, sowie weiteren Akteuren im Rahmen dieses Projektes.

Neben einem Auftakttermin, bei dem die Ziele des Auftraggebers sowie der Umfang im Detail erarbeitet wurden, erfolgten mehrere Abstimmungstermine. Diese Besprechungen erfolgten stets in Anwesenheit des Auftraggebers und nach Bedarf mit weiteren Akteuren.

Gesondert dazu fanden weitere Abstimmungstermine und Telefonate mit den Stadtwerken Bamberg, dem Zweckverband MHKW und den Firmen Bosch und Brose. Die Gespräche und Abstimmungen wurden dokumentiert und dem Auftraggeber in regelmäßigen Abständen ein Zwischenstand präsentiert.

Zudem erfolgte ein reger telefonischer und schriftlicher Austausch zwischen den Beteiligten.

Mit der Aushändigung des vorliegenden Berichts, wird dem Auftraggeber das Ergebnis dieser Studie in einer umfangreichen Präsentation vorgestellt.

9 Zusammenfassung

Initiiert durch die Beendigung der Produktion im Michelin Reifenwerk Hallstadt zum Ende des Jahres 2020, beschloss die Stadt Hallstadt einen Energienutzungsplan zur weiteren Nutzung des Kraftwerksstandortes bei Michelin zu beauftragen.

Nach Rücksprache mit Vertretern von Michelin wurde in einem ersten Schritt das Erzeugungspotenzial und Lastverhalten der Gasturbinen und Kessel im Bestand aufgenommen und untersucht. Daraufhin war klar, dass ohne einen ähnlich energieintensiven Nachfolger am Werksgelände, welcher momentan nicht in Sicht ist, der Aktionsradius bei der Suche nach Wärmeabnehmern auf die Region ausgeweitet werden muss. Ziel war es dann im räumlichen Zusammenhang Bamberg / Hallstadt entsprechende Wärmeabnehmer und Ausbaupotenziale auszumachen und diese fiktiv mit einer Fernwärmetrasse zu erschließen. Bei der Trassenplanung konnte weiterhin festgestellt werden, dass die bestehenden Netze des Zweckverband MHKW und der Stadtwerke Bamberg sehr gut ausgebaut sind und einen Großteil der Wärmekunden bereits erschließt. Durch eine Zusammenarbeit oder die Gründung einer Betreibergesellschaft wäre es so beispielsweise möglich die Vorteile der Netze mit zu Nutzen.

Das ausgemachte Fernwärmepotenzial, darunter einige Großabnehmer und Firmenkunden liegt bei ca. 72.000 MWh pro Jahr. Da das Interesse der potenziellen Abnehmer stark mit den Wärmepreisen schwankt, wurde ein zweites Wärmeszenario entwickelt, welches nur die konservativ betrachtet, wahrscheinlichen Abnehmer umfasst.

Für diese beiden Wärmebedarfsszenarien wurde anschließend eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit der Bestandsperipherie im Kesselhaus durchgeführt, da das erklärte Ziel aller Beteiligten der Erhalt der Arbeitsplätze am Kraftwerksstandort Michelin war. Um jedoch die Auswirkungen eines Umbaus oder einer Erneuerung des Kesselhauses auch mit abbilden zu können, wurde für beide Szenarien eine entsprechende neue KWK-Anlage zum Erzeugerpark hinzugefügt.

In der wirtschaftlichen Gegenüberstellung aller Varianten zeigte sich dann, dass die Szenarien mit Zubau einer neuen motorischen KWK-Anlage durchwegs Vorteile haben. Neben geringeren Wärmegestehungskosten werden in diesen Varianten auch vergleichsweise niedrige CO₂-Emissionen und Primärenergiefaktoren erreicht. Zudem steigt die Flexibilität durch das bessere Teillastverhalten und die höheren Leistungsgradienten.

Als Ergebnis des vorliegenden Energienutzungsplanes kann also festgehalten werden, dass es durchaus genügend Wärmepotenzial in der Region Bamberg / Hallstadt gibt, um einen Weiterbetrieb des Kraftwerkes zu realisieren. Letztlich definiert sich die finale Höhe des

Potenzials über die Höhe der Wärmegestehungskosten. Je niedriger diese sind, desto mehr Anschlussnehmer haben Interesse.

Die hier durchgeführten Betrachtungen haben in einer ersten Näherung ergeben, dass ein Weiterbetrieb des Kraftwerks mit den Erzeugern im IST-Zustand nicht wirtschaftlich darstellbar ist, da die Anlagentechnik nicht auf einen flexiblen Betrieb in einem Fernwärmeverbundsystem ausgelegt ist. Die Ergänzung oder der komplette Austausch der Bestandsanlagen durch moderne motorische KWK-Anlagen bietet eben diese Vorteile, was auch aus den Ergebnissen der Studie hervorgeht.

Derartige KWK-Anlagen benötigen jedoch nicht die aufwendige Anlagenperipherie im Kesselhaus. Sollte der Fernwärmeverbund weiter konkretisiert werden, müssen deshalb auch alternative, womöglich zentraler gelegene Standorte für die neuen Erzeugungsanlagen geprüft werden. Für eine finale Dimensionierung der Anlagengröße muss zudem das genaue Wärmepotenzial feststehen, erst dann kann die Anlage exakt ausgelegt und erneut kalkuliert werden.

Sowohl der zukünftige Betreiber bzw. die Betreibergesellschaft, als auch die Endkunden könnten von einem Fernwärmeverbund profitieren.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wärmeschema der Firma Michelin.....	7
Abbildung 2: Schema der Wärmeerzeuger bei Michelin	8
Abbildung 3: Trassenverlauf - Nahwärmenetz Stadt Hallstadt	14
Abbildung 4: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf im fiktiven Wärmenetz der Stadt Hallstadt.....	15
Abbildung 5: Trassenverlauf des Fernwärmenetzes - Zeckverband MHKW [Quelle: Zweckverband MHKW].....	16
Abbildung 6: Verlauf der Verbindungstrasse zwischen Kraftwerk Michelin und Fernwärmenetz MHKW [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE].....	18
Abbildung 7: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Spitzenlast SW Bamberg	19
Abbildung 8: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Ausbaupotenzial SW Bamberg	20
Abbildung 9: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - BImA / US-Army.....	20
Abbildung 10: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Freibad Hallstadt.....	22
Abbildung 11: Verlauf der Stichleitung - Market Hallstadt [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE]	22
Abbildung 12: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Market Hallstadt	23
Abbildung 13: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Firma Brose.....	24
Abbildung 14: Verlauf der Stichleitung / Anbindung – Firma Brose [Quelle: BayernAtlas, Bearbeitung IfE].....	24
Abbildung 15: Verlauf der Fernwärmetrasse - Anbindung Firma Bosch.....	26
Abbildung 16: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Gebäudeheizung am Standort Michelin.....	27
Abbildung 17: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Prozessdampfauskopplung am Standort Michelin	27
Abbildung 18: Monatlicher Wärmemengen- und Leistungsbedarf - Klärschlamm-trocknung ..	28
Abbildung 19: Wärmeszenario 1 - Vollausbau aller Wärmepotenziale	29
Abbildung 20: Wärmeszenario 2 - minimaler Teilausbau der Wärmepotenziale.....	30

Abbildung 21: Jahresdauerlinie - Variante V1.1	43
Abbildung 22: Jahresdauerlinie - Variante V1.2	44
Abbildung 23: Jahresdauerlinie - Variante V2.1	45
Abbildung 24: Jahresdauerlinie - Variante V2.2	46
Abbildung 25: Investitionskosten aller Varianten im Vergleich	47
Abbildung 26: Einnahmen / Ausgaben aller Varianten im Vergleich.....	48
Abbildung 27: Jahresgesamtkosten / Wärmegestehungskosten aller Varianten im Vergleich	49
Abbildung 28: CO ₂ -Bilanz aller Varianten im Vergleich	50
Abbildung 29: Primärenergiefaktor aller Varianten im Vergleich	51
Abbildung 30: Übersicht der KWK-Zuschläge nach KWK-G 2020	54
Abbildung 31: Entwicklung des "EEX-Baseload" für die KWK-Stromvergütung	55

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten der Gasturbinen im Bestand	9
Tabelle 2: Kennwerte Wärmenetz Stadt Hallstadt.....	15
Tabelle 3: Übersicht über die Arten der Regelleistung	32
Tabelle 4: Klassifizierungen von Wasserstoff nach seiner Erzeugung	38
Tabelle 5: Matrix zu den eingesetzten Erzeugern in den verschiedenen Varianten	46