

# Machbarkeitsstudie

Wärmedrehscheibe Bahnhof Reken  
- Energiepotentiale sammeln und nutzen -  
in Reken, Ortsteil Bahnhof Reken



gefördert durch

INTERREG  
Deutschland  
Nederland



Europäische Union  
Europese Unie

Stand: 27.09.2021

Auftraggeber:

Benning Agrar-Energie GmbH  
Boom 1  
48734 Reken

Berater:

IngenieurNetzwerk Energie eG  
Charlottenburger Ring 16  
49186 Bad Iburg

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Zusammenfassung.....	3
1.2	Umfang der Machbarkeitsstudie.....	4
1.3	Beteiligte Personen .....	4
2	Abwärmepotential.....	6
2.1	BHKW.....	6
2.2	„Spinatstraße“.....	10
2.3	Zusammenfassung Abwärme des Industriebetriebs.....	11
2.4	Absicherung Abwärmepotential (regenerative Redundanz) .....	12
3	Wärmeabnehmer.....	14
3.1	Versorgungsstruktur .....	14
3.2	Wärmekunden .....	15
3.3	Vergleich Abwärmepotential und Wärmebedarf .....	17
4	Wärmeverteilung .....	19
4.1	Kaltes Nahwärmenetz .....	20
4.2	Warmes Nahwärmenetz .....	21
4.3	Hybride Netzvariante .....	21
5	Wirtschaftlichkeit.....	23
5.1	Kosten der Wärmequellenerschließung (Abwärmeauskopplung).....	23
5.2	Kosten regenerativer Wärmeerzeuger.....	23
5.3	Kosten Wärmeverteilung .....	24
5.4	Förderungsmöglichkeiten .....	24
5.5	Technische Wärmegestehungskosten.....	25
6	Faktoren für den Projekterfolg.....	27
6.1	Der Weg und Ausblick .....	27
6.2	Potential zur Reduzierung von CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	28
7	Anhang.....	30
7.1	Hinweis – Erklärung.....	30
7.2	Verzeichnisse .....	30
7.2.1	Abbildungsverzeichnis .....	30
7.2.2	Tabellenverzeichnis .....	31

## 1 Einleitung

In der Gemeinde Reken im südöstlichen Teil des Kreises Borken wohnen in fünf Ortsteilen ca. 14.000 Einwohner. Der Ortsteil Bahnhof Reken mit ca. 2.300 Einwohnern stellt seit ca. 60 Jahren den Schwerpunkt der Ansiedlung und des kontinuierlichen Ausbaus von Industrie und Gewerbeaktivitäten in der Gemeinde Reken dar. Ca. 40 Gewerbe- und Industriebetriebe sind große Arbeitgeber der Gemeinde.

In Bahnhof Reken ergab sich von verschiedener Seite die Nachfrage nach Möglichkeiten der regenerativen Wärmeversorgung für gewerbliche Prozess- und Heizzwecke. Aufgrund von lokalen Referenzen sind die Benning Agrar-Energie GmbH als Ansprechpartner für ansässige und zukünftige Gewerbebetriebe identifiziert worden. Im Wärmebereich werden derzeit keine signifikanten Mengen regenerativ bereitgestellt. Als Energieträger werden fast ausschließlich Heizöl und Erdgas eingesetzt.

Auf der Angebotsseite findet man erhebliche Mengen momentan nicht genutzter Abwärme aus industriellen Verarbeitungsprozessen eines Industriebetriebs vor. Im Zuge einer betrieblichen Selbstversorgungsstrategie mit Wind und PV-Strom entstehen zudem in steigendem Maße Stromüberschüsse, die am Markt kaum vergütet werden und somit für die Wärmenutzung infrage kommen.

Auch die Gemeinde Reken hat neben dem Industriebetrieb und weiteren Gewerbetreibenden ein großes Interesse, die regenerative Wärmeversorgung als wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und als Standortfaktor voranzubringen.

### 1.1 Zusammenfassung

Kern des geplanten Projektes ist die „Wärmedrehscheibe“, in der die Bündelung der bestehenden Wärmepotentiale aus der industriellen Abwärme, die Ergänzung durch regenerative Wärmequellen (als Redundanz) und die Verteilung an gewerbliche, kommunale und private Abnehmer verstanden wird.

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

---

Das zur Verfügung stehende Abwärmepotential von rd. 8.090.680 kWh/a setzt sich aus den Motorabgasen und der Motorkühlung eines BHKW sowie dem warmen Abwasser der Gemüseverarbeitung („Spinatstraße“) zusammen.

Würde die gleiche Wärmemenge als Nutzenergie durch die Bestandstechnologien (Öl- und Gaskessel) erzeugt, entstehen Treibhausgasemissionen von 2.149 t CO<sub>2</sub>.

Dieses Abwärmepotential und die dadurch zu erzielenden Emissionseinsparungen soll in mehreren Ausbausritten möglichst umfangreich nutzbar gemacht werden.

### 1.2 Umfang der Machbarkeitsstudie

Die Machbarkeitsstudie bezieht sich auf die Gemeinde Reken, Ortsteil Bahnhof Reken.

Zunächst wird Art und Umfang des Abwärmepotentials aus dem Industriebetrieb analysiert und näher beschrieben. Dabei wird auf die Verfügbarkeit und technische Umsetzbarkeit eingegangen.

Im zweiten Schritt werden die kundenseitigen Anforderungen an die Wärmeversorgung und die räumliche Verortung des Wärmenetzes aufgezeigt.

Die Diskussion und Vorstellung der unterschiedlichen Netztopologien im Kapitel 4 stellt das Bindeglied zwischen dem Abwärmepotential und den möglichen Wärmekunden dar.

Ausgehend von der energetischen Sichtweise umfasst die Studie auch energiewirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Aspekte im Hinblick auf den Betrieb einer Abwärmenutzung mit marktüblichen Rahmenbedingungen der Wärmelieferung.

### 1.3 Beteiligte Personen

Die im Folgenden aufgeführten Kontakt- und Adresdaten stellen eine Übersicht über Kontakte und Ansprechpartner zur Verfügung, welche im Zusammenhang mit dieser Machbarkeitsstudie stehen.

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

---

Auftraggeber:

Benning Agrar-Energie GmbH

Boom 1

48734 Reken

Die IngenieurNetzwerk Energie eG (iNeG) wurde als externes Ingenieurbüro mit der Machbarkeitsstudie beauftragt. Die iNeG ist ein Spezialist für dezentrale, regenerative und bürgernahe Energieerzeugung. Mit mehr als 25 Mitarbeitern aus den Bereichen Energietechnik und technische Gebäudeausrüstung ist die iNeG erfahren in der Begutachtung energetischer Sachverhalte sowie bei der Projektentwicklung komplexer Energiekonzepte. Seit 2007 ist die iNeG als ein unabhängiges, in der Form einer Genossenschaft organisiertes, Ingenieurbüro tätig.

Name	Funktion	Telefon	Email
<b>Benning Agrar-Energie GmbH</b>			
Ulrike Benning	Geschäftsführerin	02864/6221	<a href="mailto:h-j-benning@t-online.de">h-j-benning@t-online.de</a>
Hermann-Josef Benning	Betriebsleiter, senior	02864/6221	<a href="mailto:h-j-benning@t-online.de">h-j-benning@t-online.de</a>
Hermann Benning	Betriebsleiter, junior	02864/6221	<a href="mailto:h-j-benning@t-online.de">h-j-benning@t-online.de</a>
<b>IngenieurNetzwerk Energie eG</b>			
Ralf Enneking	Energieberater	05403/72439-63	<a href="mailto:enneking@ineg-energie.de">enneking@ineg-energie.de</a>
Manuel Lachmuth	Energieberater	05403/72439-83	<a href="mailto:lachmuth@ineg-energie.de">lachmuth@ineg-energie.de</a>
David Knaus	Energieberater	05403/72439-41	<a href="mailto:knaus@ineg-energie.de">knaus@ineg-energie.de</a>

*Tabelle 1 Ansprechpartner*

## 2 Abwärmepotential

In diesem Kapitel werden die möglichen Wärmequellen der industriellen Abwärme analysiert. Die drei betrachteten Wärmequellen haben jeweils unterschiedliche Temperaturniveaus und können daher bei unterschiedlichen Netzvarianten besser oder schlechter eingebunden werden. Daher werden die Wärmequellen zuerst einzeln und danach zusammengefasst betrachtet.

Dabei handelt es sich um die Abwärme

- der Motorabgase des BHKW (90°C)
- des Motorkühlkreises des BHKW (40°C)
- aus dem Wasser der „Spinatstraße“ (65°C)

Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf den Betriebsdaten für den Zeitraum 01.12.2019 bis 30.11.2020.

### 2.1 BHKW

Die Auswertung der Abwärmemengen des BHKW (2 MW<sub>el</sub>, 2 MW<sub>th</sub>) spiegelt die jahreszeitliche Betriebsführung des Werks wider. So stehen im Januar und Dezember aufgrund der Betriebsferien deutlich weniger Mengen und Leistungen zur Verfügung als in den anderen Monaten des Jahres. Abgesehen von einem Peak der Wärmemenge im Februar und März steigt die verfügbare Abwärmemenge erst in der zweiten Jahreshälfte wieder an.

Nach dem Abgaswärmetauscher des BHKW ist ein Temperaturniveau von ca. 90°C nutzbar. Aus dem nachstehenden Jahresverlauf und der Jahresdauerlinie ist ersichtlich, dass das BHKW während des gesamten Jahres immer wieder abgeschaltet wird. Das wird dadurch deutliche, das in den Diagrammen des Jahresverlauf drei Leistungskurven eingetragen sind: Minimalleistung (untere Kurve), Mittelleistung (mittlere Kurve) und Maximalleistung (obere Kurve) in dem jeweiligen Monat.

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

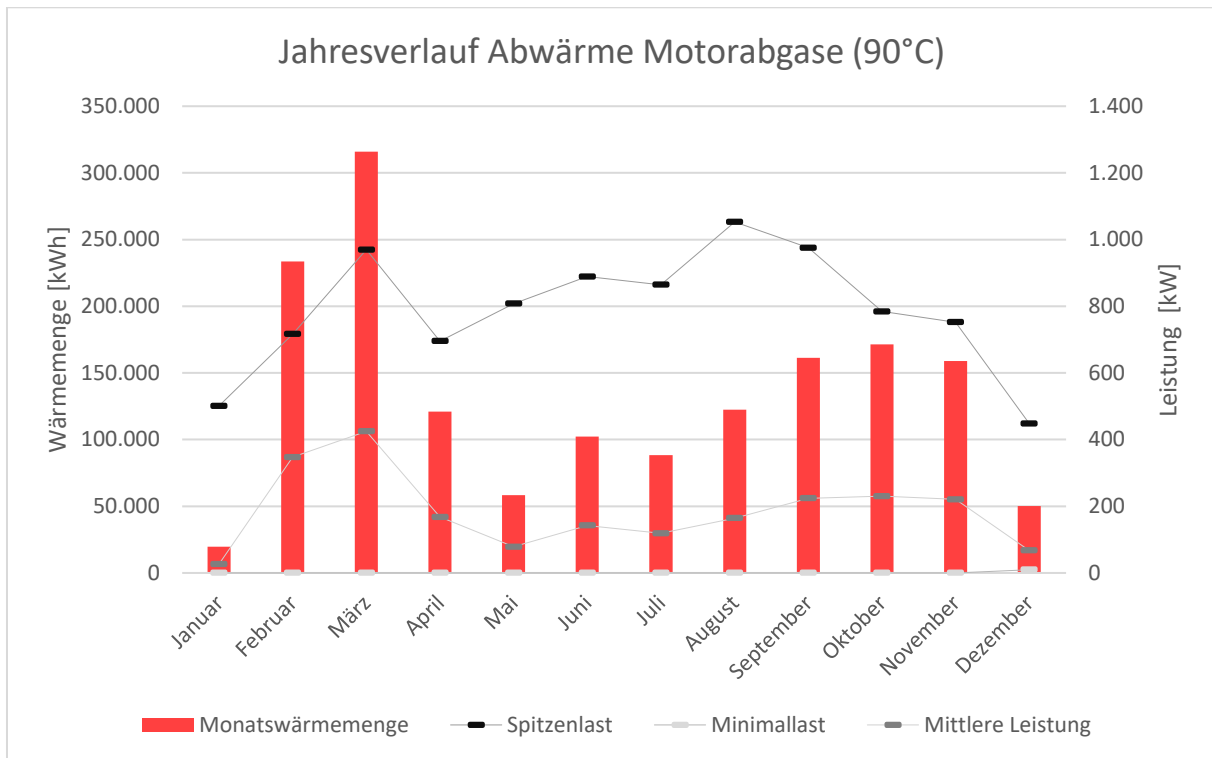


Abbildung 1 Jahresverlauf Motorabgase

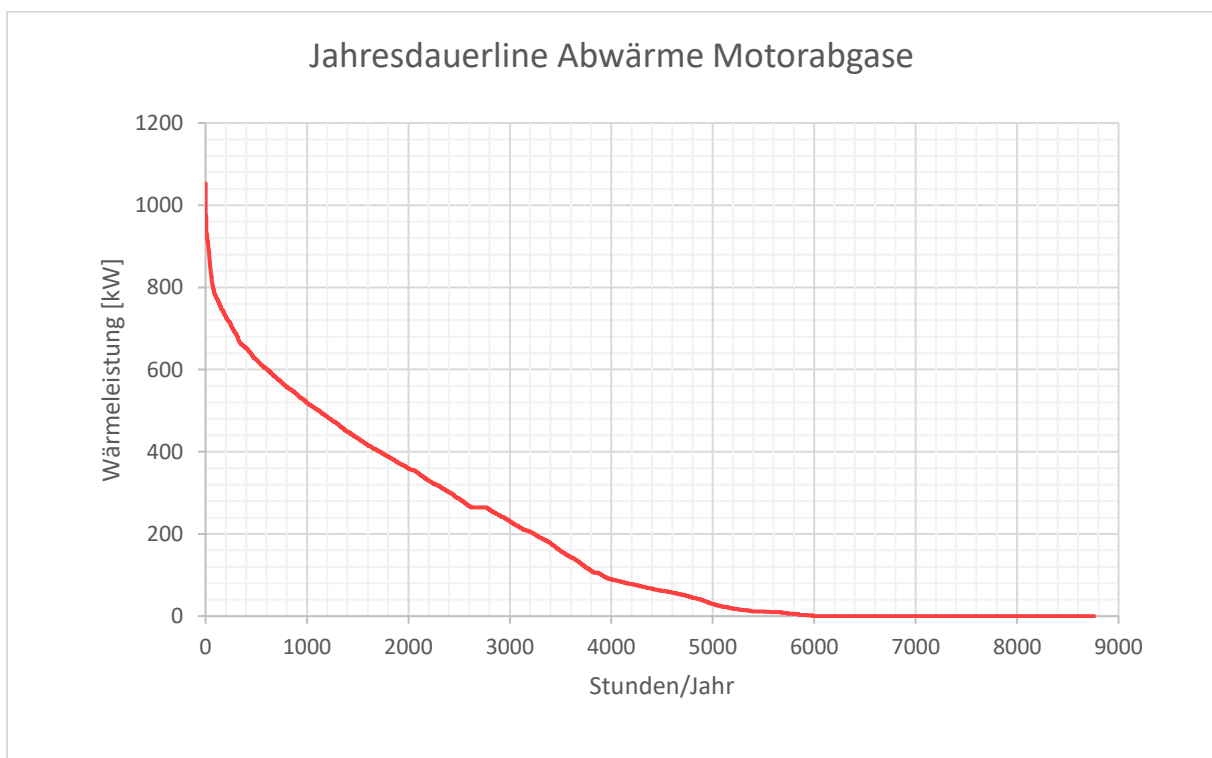


Abbildung 2 Jahresdauerlinie Motorabgase

Der Motorkühlkreislauf des BHKW ermöglicht eine Auskopplung von Abwärme mit

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

Temperaturen in Höhe von ca. 40°C. Die Auswertung zeigt, dass diese Abwärme über das gesamte Jahr sehr kontinuierlich verfügbar ist (Ausnahme sind die Betriebsferien im Januar und Dezember).

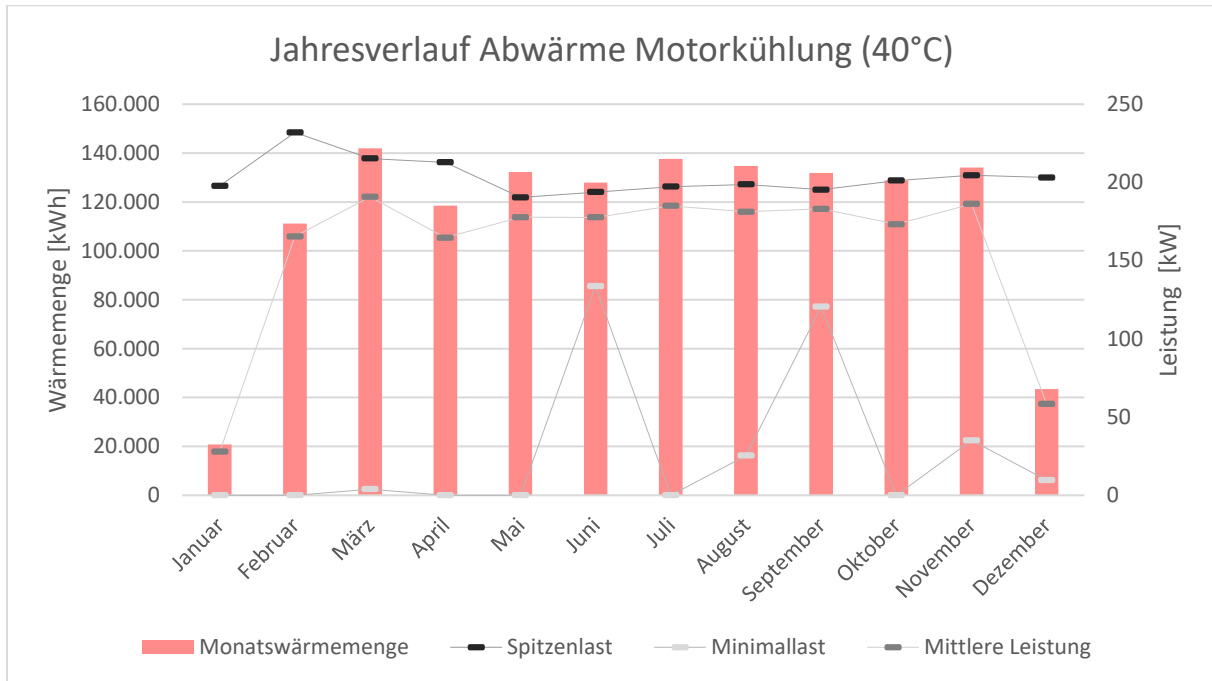


Abbildung 3 Jahresverlauf Motorkühlung

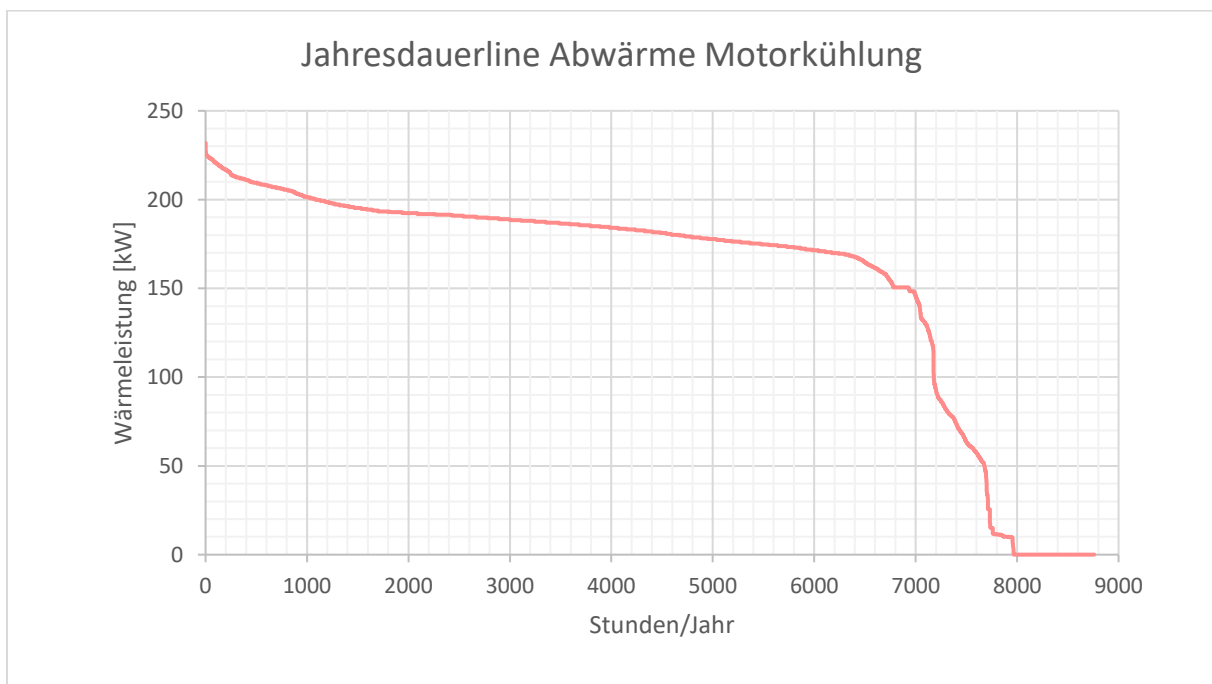


Abbildung 4 Jahresdauerlinie Motorkühlung



## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

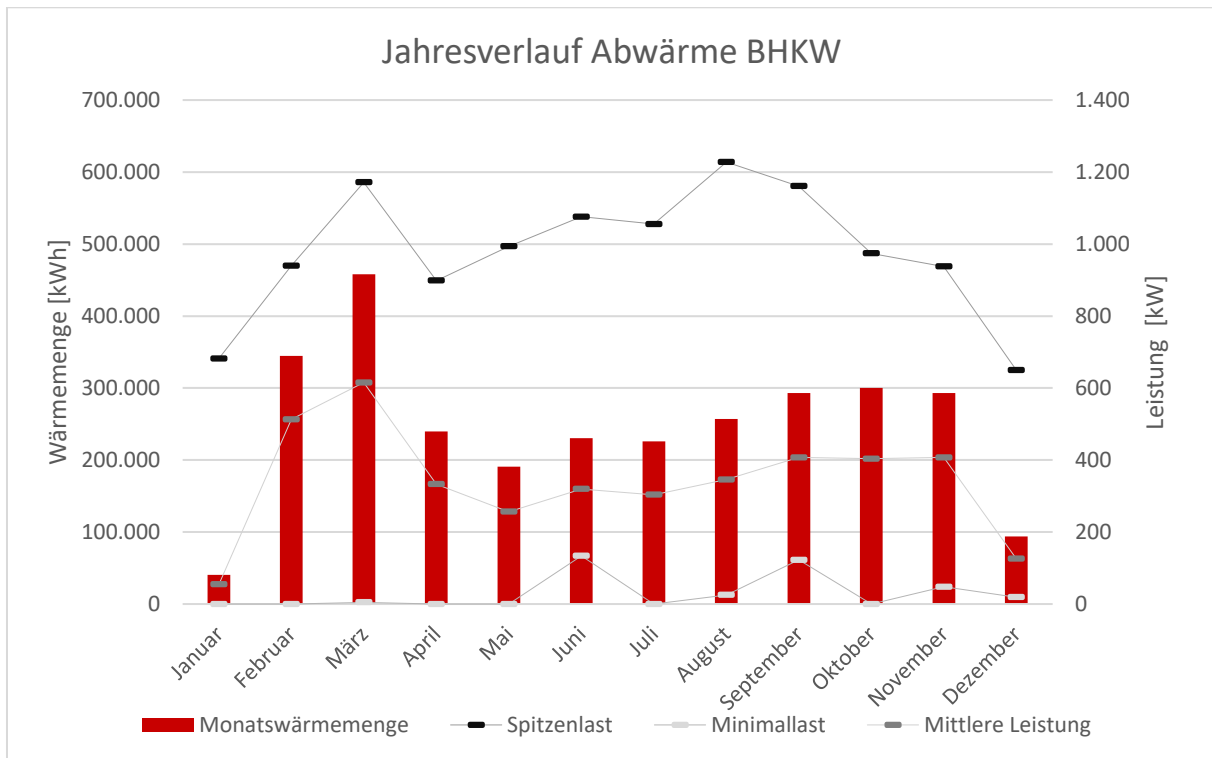


Abbildung 5 Jahresverlauf BHKW kumuliert

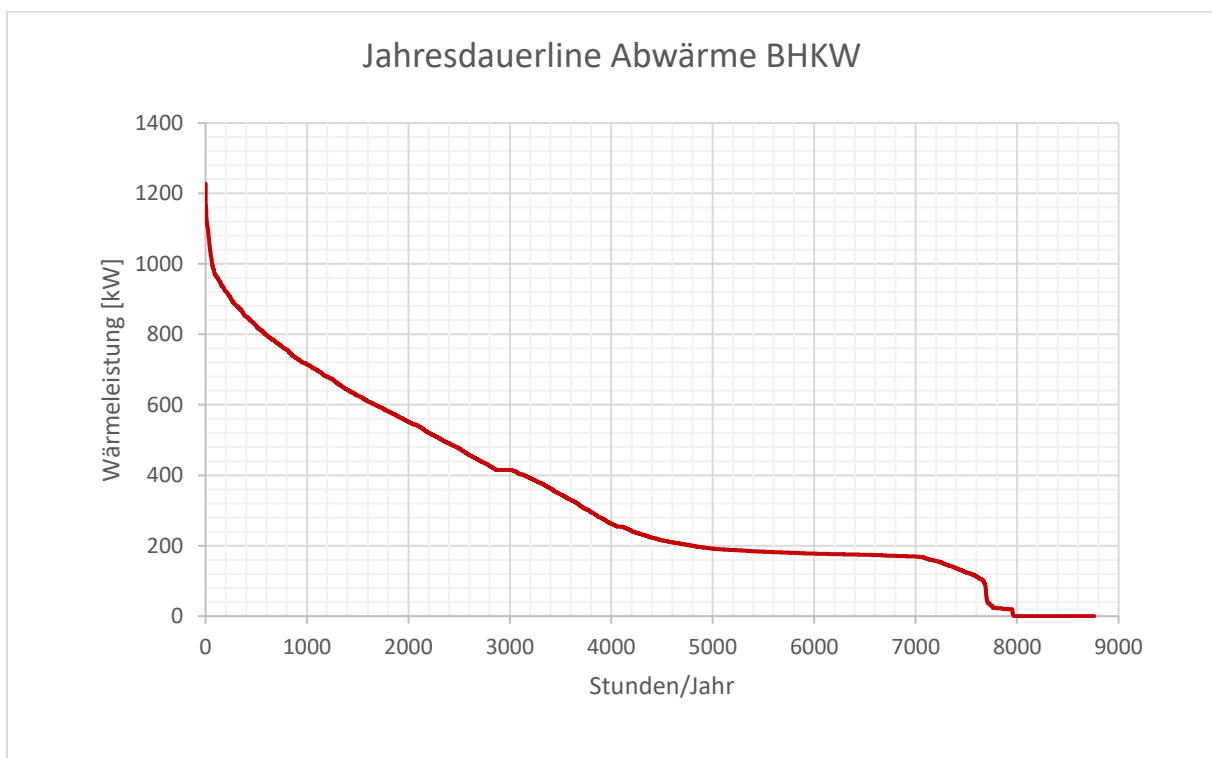


Abbildung 6 Jahresdauerlinie BHKW kumuliert

## 2.2 „Spinatstraße“

Bei der „Spinatstraße“ handelt es sich um eine Produktionsanlage in der verschiedene Gemüsesorten verarbeitet (gewaschen, gekocht, gegart) werden, sodass diese anschließend als Tiefkühlkost eingefroren werden können. Für das Waschen und Kochen wird Prozesswasser mit entsprechender Temperatur eingesetzt. Somit ist die Abwärme im Medium Abwasser gebunden. Nach einem ersten betriebsinternen Wärmetausch hat das Abwasser noch eine Temperatur von rund 65°C. Dabei besteht die „Spinatstraße“ aus zwei separaten Linien, wobei die Größere werktags von April bis September und die Kleinere werktags von April bis November betrieben wird. Das Abwasservolumen der größeren Linie beträgt 20 m<sup>3</sup>/h und das der kleineren Linie 15 m<sup>3</sup>/h, sodass während der Hauptverarbeitungszeit 35 m<sup>3</sup>/h Abwasser entstehen.

Für die „Spinatstraße“ liegen noch keine stundengenauen Messedaten vor. Mit der Annahme, dass eine Temperaturdifferenz von 35 K nutzbar gemacht werden kann, ergeben sich die in der Abbildung 7 dargestellten Wärmemengen und -leistungen.

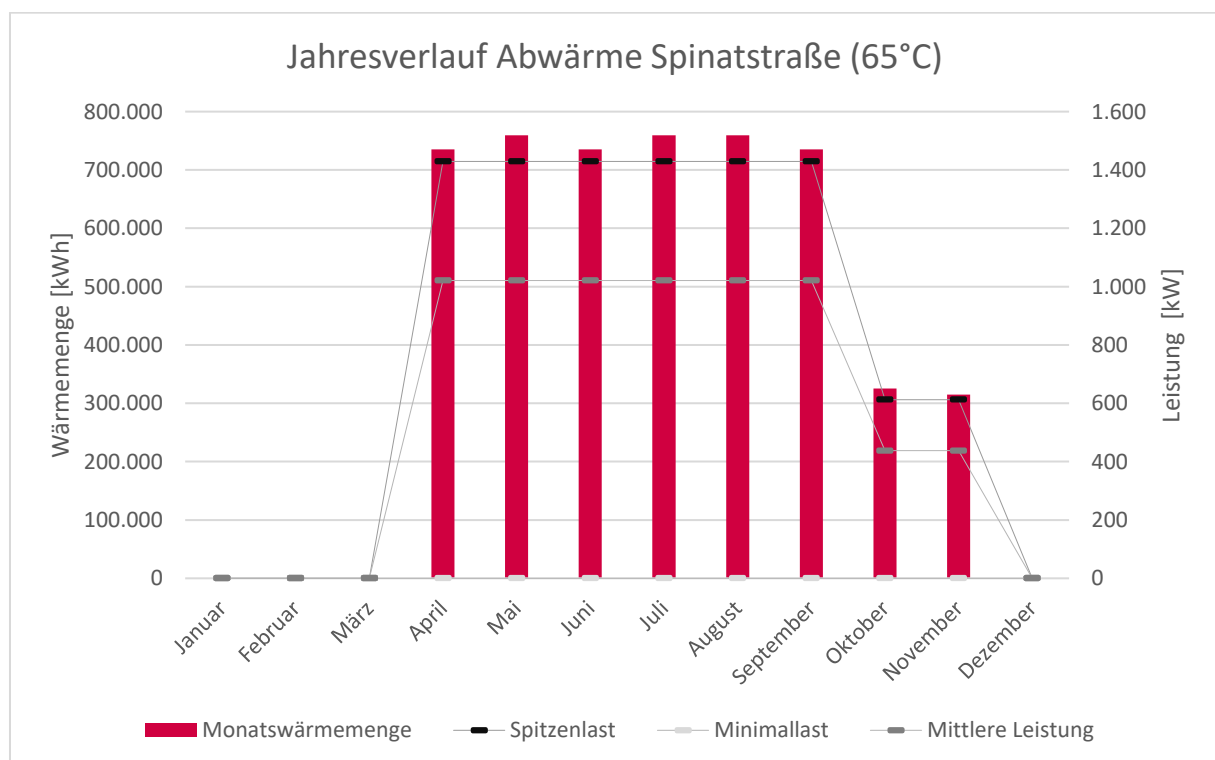


Abbildung 7 Jahresverlauf Spinatstraße

Für die Monate April bis November stellt die „Spinatstraße“ eine große, konstante und sichere Wärmequelle dar. Der Jahresverlauf der Wärmebereitstellung ist größtenteils

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

antizyklisch zum Heizbedarf von Gebäuden. Lediglich in der Übergangszeit im April und September sowie mit niedrigerer Wärmeleistung im Oktober und November sind die Verläufe deckungsgleich. Um das Abwärmepotential der „Spinatstraße“ ausgiebig nutzen zu können, sollten gewerbliche Kunden mit einem konstanten Prozesswärmebedarf gefunden werden. Idealerweise sollte deren Wärmebedarf in den Sommermonaten größer sein als im Rest des Jahres.

### 2.3 Zusammenfassung Abwärme des Industriebetriebs

Mit den nutzbaren Jahresdaten ergibt sich ein jährliches Gesamtpotential für die Abwärmennutzung von 8.090.680 kWh.

BHKW - Motorabgase (90°C)	1.603.334 kWh/a
BHKW - Motorkühlung (40°C)	1.363.346 kWh/a
Spinatstraße (65°C)	5.124.000 kWh/a
<b>nutzbare Abwärme</b>	<b>8.090.680 kWh/a</b>

Tabelle 2 Übersicht Abwärmepotential

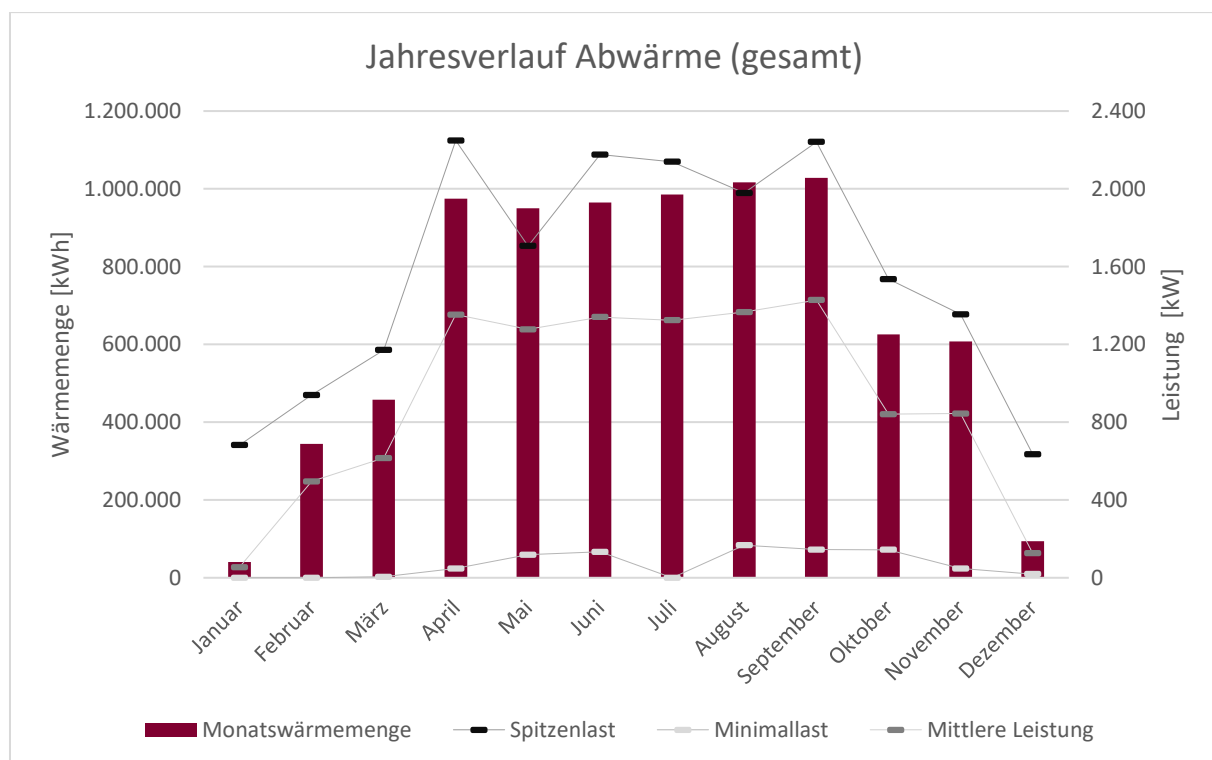


Abbildung 8 Jahresverlauf des gesamten Abwärmepotential des Werks

Aus den Diagrammen in den Unterkapiteln 2.1 und 2.2 ist zu erkennen, dass die BHKW Nutzung dann steigt, wenn die „Spinatstraße“ nicht betrieben wird. Die Ursache wird die fehlende betriebsinterne Auskopplung der Abwärme aus der „Spinatstraße“ sein.

Aufgrund des Mediums und der großen Durchflussmenge wird der Gesamtverlauf des Abwärmepotentials durch die Wärmemenge der „Spinatstraße“ dominiert. Diese verläuft entgegengesetzt zu dem Heizwärmebedarf von Gebäuden.

### 2.4 Absicherung Abwärmepotential (regenerative Redundanz)

Die Anforderung an redundante Wärmeerzeuger ist es, die Zeiten, in denen das Abwärmepotential des Werks nicht zur Verfügung steht, zu überbrücken und die benötigte Wärmemenge bereitzustellen. Dabei ist die Bemessung der Leistung des redundanten Wärmeerzeugers stark von der Anzahl und der damit benötigten Wärmeleistung der potentiellen Kunden abhängig. Sie müssen so ausgelegt sein, dass sowohl die Spitzenleistungen im Tagesverlauf – die nicht durch den Pufferspeicher aufgefangen werden können – als auch die Phasen während den Betriebsferien in den Wintermonaten ausgeglichen werden können.

Für die Absicherung sollen nur regenerative Wärmequellen in Betracht gezogen werden.

#### Biogasanlage

Das Geschäftsmodell der Benning Agrar-Energie GmbH besteht hauptsächlich auf der Nutzung von organischen Reststoffen und nachwachsenden Rohstoffen, welche angeliefert und in Biogas umgewandelt werden. Über das rund 10 km lange betriebseigene Rohbiogasnetz werden fünf BHKW in verschiedenen Ortsteilen Rekens versorgt. Die dezentralen BHKW versorgen jeweils Nahwärmenetze, die in Summe auf eine Länge von ca. 7 km und 60 Anschlussnehmern kommen. Im gesamten System werden aktuell ca. 7.000 MWh/a Wärme geliefert und somit gegen fossile Brennstoffe ersetzt.

Derzeit sind keine Kapazitäten zur Erzeugung von weiteren Mengen an Biogas vorhanden und diese Situation wird sich kurzfristig auch nicht ändern. Daher kommt die naheliegendste Lösung, mit Biogas betriebene BHKW als regenerative Absicherung, momentan nicht in Frage.

#### Holzhackschnitzel

Dieser nachwachsende Rohstoff stellt dank seiner Klimaverträglichkeit eine gute Alternative für den Einsatz zur Absicherung des Abwärmepotentials dar. Die Bevorratung und bedarfsgerecht Beschaffung dieses Energieträgers lässt sich aufgrund der Marktsituation relativ preiswert realisieren. Die Benning Agrar-Energie GmbH setzt die Holzhackschnitzel daher bereits auch schon in anderen dezentralen Wärmenetzen ein.

### **Umweltwärme (Erdwärme / Luftwärme)**

Da die Verfügbarkeit des Abwärmepotentials der „Spinatstraße“ zu den Zeiten am größten ist zu denen auch die Umweltwärme am effektivsten zu nutzen wäre, wird eine mögliche Einbindung von Umweltwärme vorerst nicht weiter betrachtet.

Die Einbindung der Umweltwärme wird erst mit stark steigendem Wärmebedarf und größeren Ausbaustufen des Wärmenetzes wieder interessant.

### **Wärmeerzeugung aus überschüssigem Strom aus Erneuerbaren Energien**

Im Industriebetrieb soll der Strom zukünftig aus einem größeren Anteil aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Der Strombedarf ist so groß, dass neben PV-Modulen auch zwei Windenergieanlagen zum Einsatz kommen. Selbst mit diesem Erzeugungspotential wird höchstens an werkfreien Tagen mehr Strom erzeugt als verbraucht wird. Sofern die Abwärme über die Wärmedrehscheibe nutzbar gemacht wird, besteht die Absicht, mit dem überschüssigen Strom aus den Erneuerbaren Energien Wärme zu erzeugen. Dieses soll direkt auf dem Werksgelände geschehen. Diese Nutzung des überschüssigen Stroms wird gegenüber der Einspeisung bevorzugt, da seitens des Industriebetriebs die Kosten für den bürokratischen Aufwand höher als die möglichen Stromerlöse aus dem Verkauf eingeschätzt werden.

### 3 Wärmeabnehmer

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg der Wärmedrehscheibe ist, dass die bisher ungenutzte industrielle Abwärme für private, kommunale und gewerbliche Kunden nutzbar gemacht werden kann. Deshalb wird in diesem Kapitel der Wärmebedarf der unterschiedlichen Abnehmer hinsichtlich der Menge, des zeitlichen Bedarfs sowie des Temperaturniveaus analysiert. Altbauten benötigen höhere Temperaturen als neugebaute Wohnhäuser nach KfW-Standards und mit Fußbodenheizung. Die gewerblich benötigte Prozesswärme unterliegt geringeren saisonalen Schwankungen als die Heizwärme für kommunale Einrichtungen, um nur zwei Beispiele zu nennen. Um einen möglichst großen Wärmebedarf mit regenerativer Wärme bzw. Abwärme decken zu können, müssen die Anforderungen der potentiellen Kunden an ihre Wärmeversorgung bekannt sein, sodass Wärmeangebot und die Wärmenachfrage bestmöglich miteinander kombiniert werden.

#### 3.1 Versorgungsstruktur

Im Ortsteil Bahnhof Reken betreibt die Benning Agrar-Energie GmbH – anders als in anderen Ortsteilen – keine BHKW mit den dazugehörigen lokalen Wärmenetzen und der Anbindung an das eigene Biogasnetz. Der Großteil der Gebäude wird mit den fossilen Energieträgern Erdgas und Erdöl beheizt. Ein Nahwärmenetz ist in dem Ortsteil nicht vorhanden. In den letzten Jahren wurde die Wohnsiedlung im Südwesten erweitert und auch das Gewerbegebiet am Nordrand des Ortsteils wurde und wird im moderaten Umfang stetig erweitert.

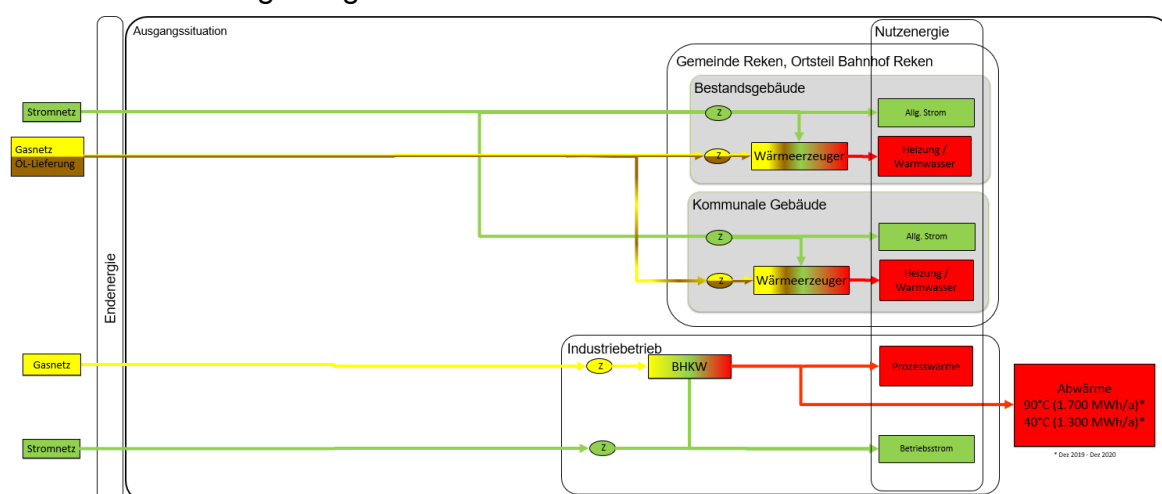


Abbildung 9 Schema Energieaspekte der bisherigen Wärmeversorgung

### 3.2 Wärmekunden

Die Ein- und Zweifamilienhäuser stellen die größte Gruppe an potentiellen Kunden dar. In der vorläufigen Endausbaustufe des Wärmenetzes, wird ein jährlicher Wärmebedarf von 7.000 MWh/a prognostiziert. Für die derzeit 40 gewerblichen Betriebe wird ein Bedarf von 3.000 MWh/a angenommen. Die Wärmemengen für die wenigen kommunalen Gebäude gehen in den vorgenannten Angaben mit auf.

In Bezug auf die Wärmekunden ist die Herausforderung für den Beginn der Wärmeversorgung so viel Wärmebedarf zu vereinen, dass der Aufbau und Betrieb des Wärmenetzes wirtschaftlich (sowohl für den Endkunden als auch für den Betreiber) realisierbar sind. Gleichzeitig muss bei der Planung und Umsetzung auch die Erweiterbarkeit berücksichtigt werden. So steht bei einigen Gebäuden ggf. erst in 5 bis 10 Jahren eine Erneuerung der Heizungsanlage an. Zu diesen Aspekten muss eine gute Datenbasis geschaffen werden, sodass die Wärmeabnehmer in mehreren Ausbaustufen des Netzes angeschlossen werden können.

Für die weiteren Berechnungen in dieser Machbarkeitsstudie wird ein anfänglicher Wärmebedarf von 2.000 MWh/a, der sich zu gleichen Teilen aus privaten Haushalten und gewerblichen Kunden zusammensetzt, angenommen. Bei den nachfolgenden Darstellungen wurden interne Standardlastprofile zu Grunde gelegt und die Temperaturen des langjährigen Mittels (LTA) des Deutschen Wetterdienstes für die Region berücksichtigt. Die Aufteilung ergibt sich dementsprechend wie folgt:

- Wohngebäude (Ein- und Zweifamilienhäuser), 1.000 MWh/a
- Nichtwohngebäude (kommunal / gewerblich), 1.000 MWh/a

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

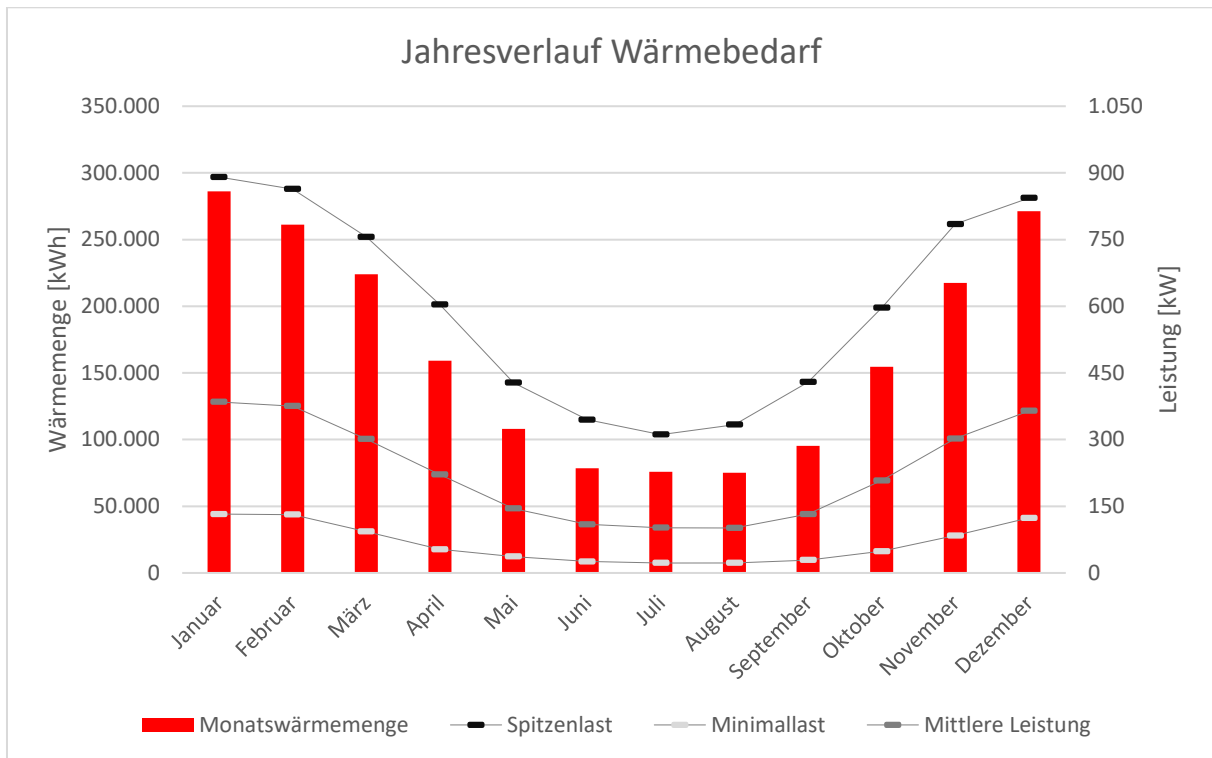


Abbildung 10 Jahresverlauf Wärmebedarf (2.000 MWh/a)

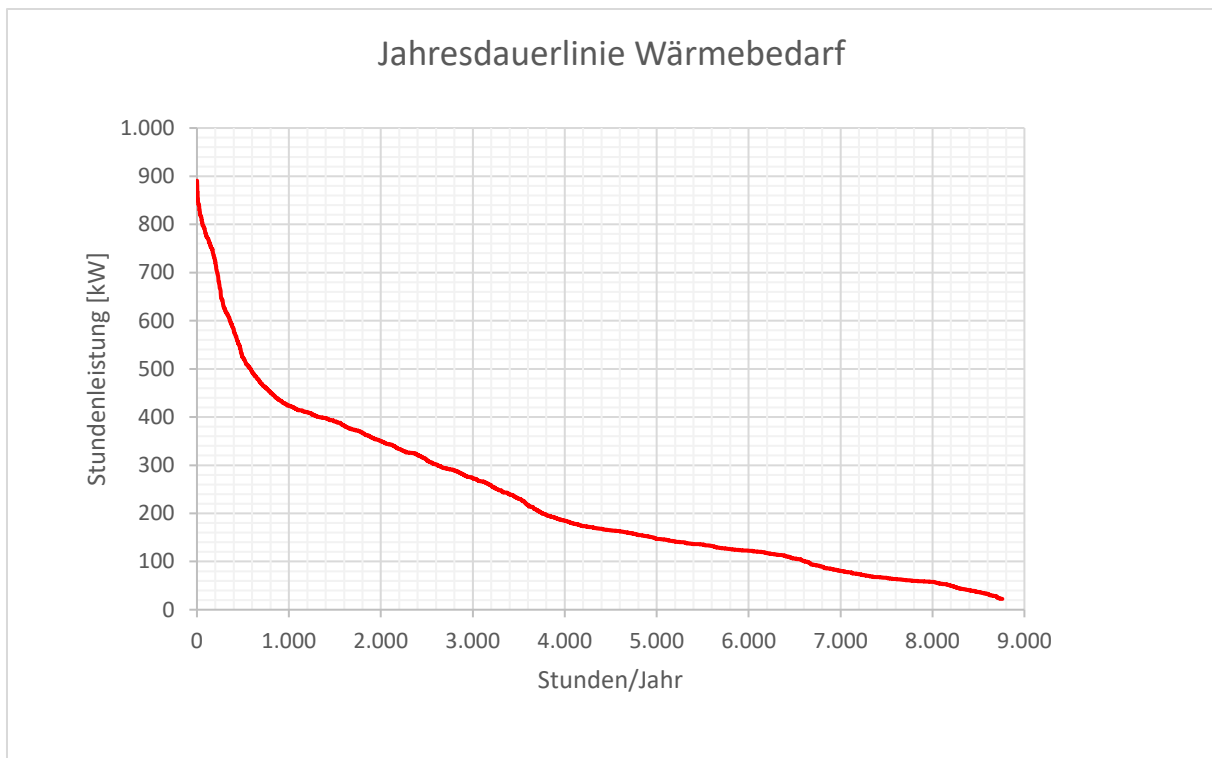


Abbildung 11 Jahresdauerlinie Wärmebedarf (2.000 MWh/a)



### 3.3 Vergleich Abwärmepotential und Wärmebedarf

Die Abbildung 12 zeigt die Differenz zwischen dem oben genannten Wärmebedarf und dem zur Verfügung stehenden Abwärmepotential. Dementsprechend ist das überschüssige Abwärmepotential negativ dargestellt und im positiven Zahlenbereich des Diagramms sind die noch zu deckenden Leistungen und Wärmemengen der Verbraucher aufgetragen. Auch wenn das BHKW im Januar und Dezember teilweise Abwärmeleistungen von bis zu 600 kW in der Stunde erreicht, so fällt die Anzahl dieser Stunden doch sehr gering aus. Darüber hinaus müssen in diesen Monaten immer noch Spitzen von bis zu 890 kW durch zusätzliche Erzeuger gedeckt werden. Die in den Sommermonaten gezeigten Leistungsspitzen treten in der Regel nur während der werksfreien Tage auf und können durch den optimierten Einsatz des Wärmespeichers noch weiter reduziert werden. Dieses wird auch nochmal in der Abbildung 13 deutlich. Denn nur während 2.000 Stunden des Jahres muss zusätzlich zum Abwärmepotential mit regenerativen Wärmeerzeugern ausgeholfen werden.

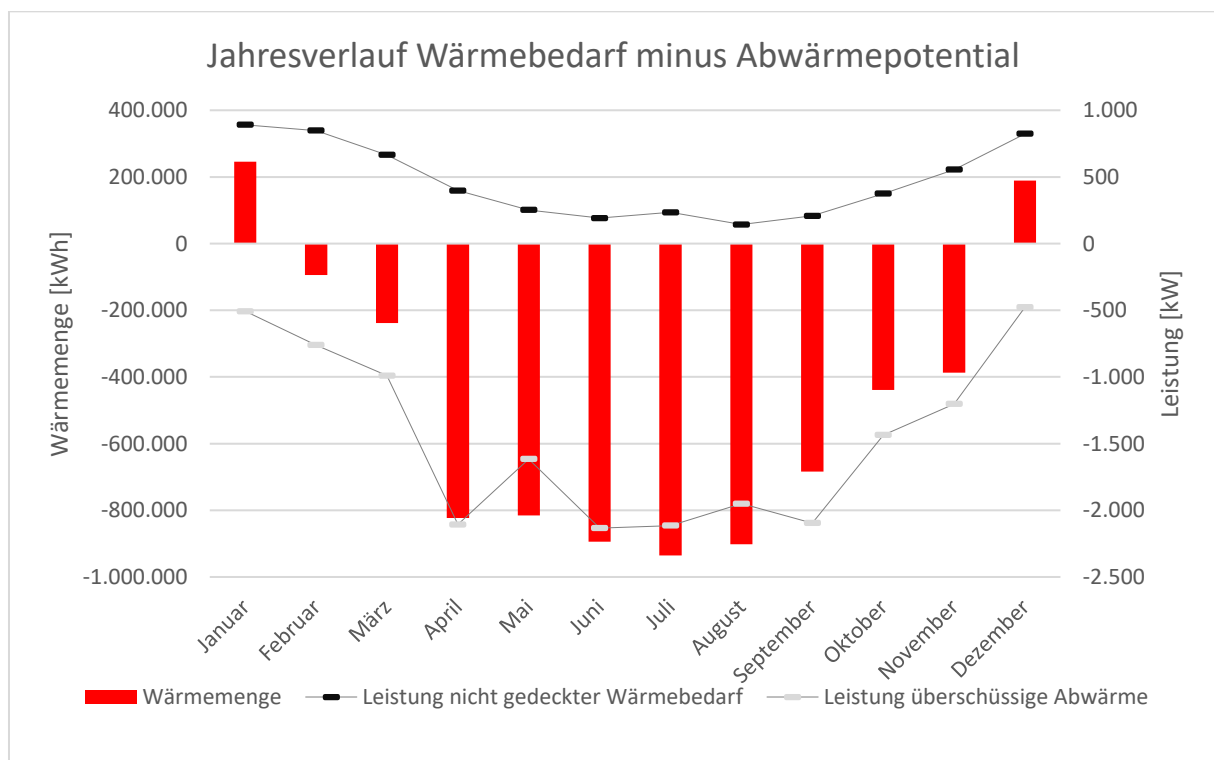


Abbildung 12 Jahresverlauf Wärmebedarf minus Abwärmepotential

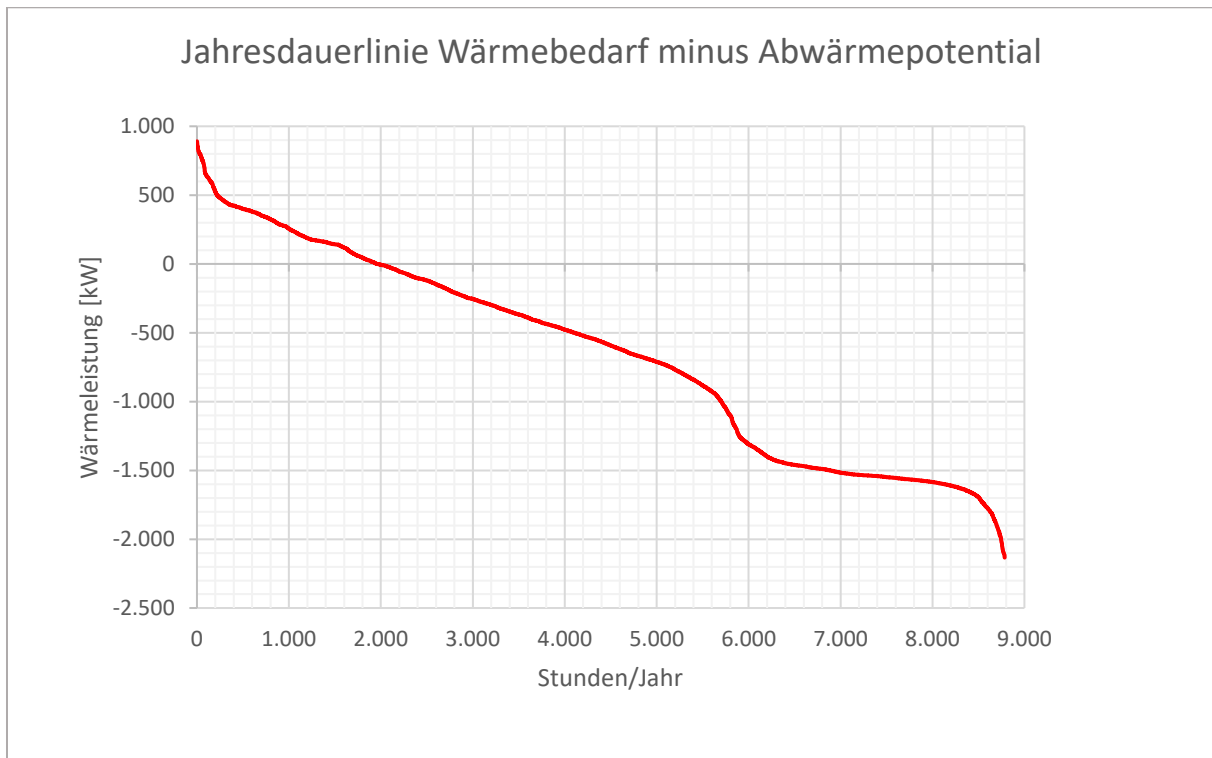


Abbildung 13 Jahresdauerlinie Wärmebedarf minus Abwärmepotential

## 4 Wärmeverteilung

Grundsätzlich entstehen bei einem kalten Nahwärmenetz geringer Übertragungsverluste. Dafür ist der Strombedarf aufgrund der dezentralen Wärmepumpen wesentlich höher als bei einem warmen Netz. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit ein hybrides Wärmenetz aufzubauen. Die wesentlichen Vor- und Nachteile sowie die Herausforderungen der einzelnen Netztypen werden in den folgenden Unterkapiteln detaillierter herausgearbeitet.

Nachstehend ist ein möglicher Trassenverlauf skizziert, dessen Endpunkte zum einen bei der kommunalen Schule und zum anderen beim Areal für das neue Gewerbegebiet liegen. Die Abnahmestelle der Wärme vom Industriebetrieb liegt in der südlichen Hälfte auf der Ostseite des Werks. Diese soll nach den Vorgaben des Betriebs an diesem Ort liegen, damit möglichst wenig neue Rohrleitungen auf dem Werksgelände selbst zu installieren sind. Somit liegt die Übergabestation der Abwärme in jedem Fall auf der von den Wärmekunden aus gesehen gegenüberliegende Seite des Werks. Als Standort für die Wärmezentrale (Speicher, redundante Wärmeerzeuger, etc.) ist zum aktuellen Zeitpunkt das Feld an der nordöstlichen Ecke des Werksgeländes angedacht. Letztendlich hängt der Verlauf maßgeblich von den in der ersten Ausbaustufe anzuschließenden Wärmekunden ab.



Abbildung 14 Entwurf für einen möglichen Trassenverlauf (Kartenmaterial: google.maps)

## 4.1 Kaltes Nahwärmenetz

Das kalte Nahwärmenetz wird mit Vorlauftemperaturen von rund 20°C betrieben. Dieses bedingt eine geringere Wärmedämmung der Rohrleitung und führt somit zu ebenfalls geringeren Investitionskosten für das Wärmenetz. Gleichzeitig treten entsprechend geringere Wärmeverluste auf, die auch den Wärmeinput und daher auch die notwendige Endenergie verringern. So dient das kalte Netz gleichzeitig als Speicher, weswegen nur ein Pufferspeicher für die Wärmeerzeuger der regenerativen Redundanz benötigt wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei der kalten Netzvariante auch die geringen Abwärmemperaturen der BHKW-Motorkühlung sehr gut genutzt werden können.

Merkmal eines kalten Nahwärmenetzes ist auch, dass die Temperaturerhöhung auf das vom Endkunden benötigte Temperaturniveau vor Ort passieren muss. Hierzu müssen dezentrale Wärmepumpen installiert und betrieben werden. Möchte der Betreiber als Vollversorger auftreten, so muss er die Investitions- und Betriebskosten hierfür aufbringen.

Weiterhin muss geklärt werden, wie der benötigte Strom möglichst regenerativ zur Verfügung gestellt werden kann.

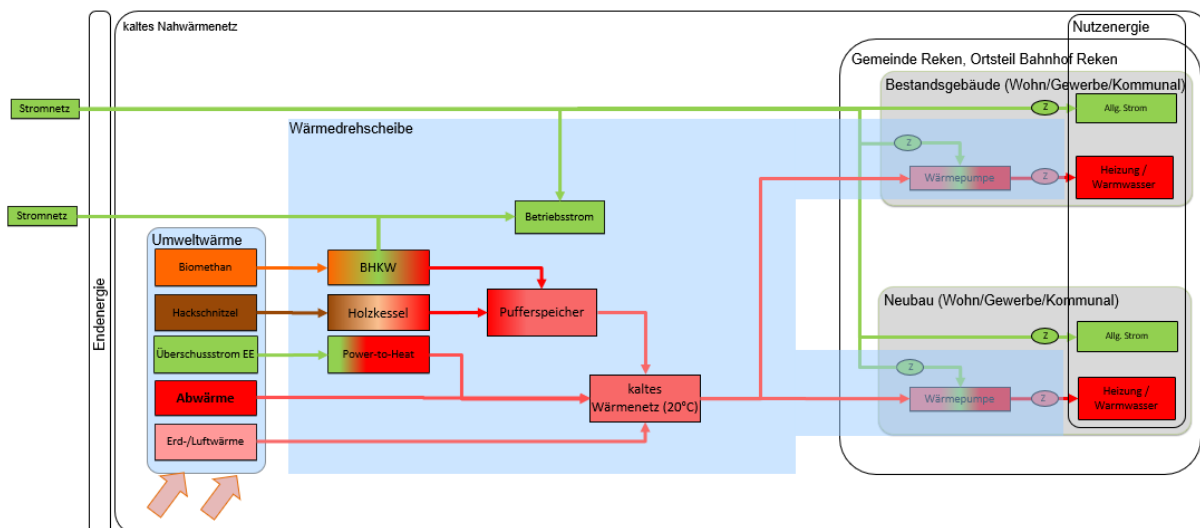


Abbildung 15 Schema Energieaspekte kaltes Netz

## 4.2 Warmes Nahwärmenetz

Da einige Bestandsbauten nicht oder nur sehr ineffizient mit einer Wärmepumpe zu beheizen sind, ist für diese der Anschluss an ein warmes Nahwärmenetz sehr reizvoll. Die Hausübergabestation ist technisch einfach und somit nicht so kostenintensiv, wie eine Wärmepumpe.

Aufgrund der hohen Temperaturdifferenz zwischen der Verlauf- und Umgebungstemperatur treten bei der Verteilung und Speicherung der Wärme Verluste auf. Diese Wärmeverluste sind unabhängig vom tatsächlichen Wärmeverbrauch, da das Nahwärmenetz immer die hohe Vorlauftemperatur halten muss. Die einzubindenden Wärmequellen müssen auf dem Niveau der Vorlauftemperatur ihre Wärme bereitstellen können. Dazu wird auch ein großer Wärmespeicher benötigt, der diese vorhalten kann.

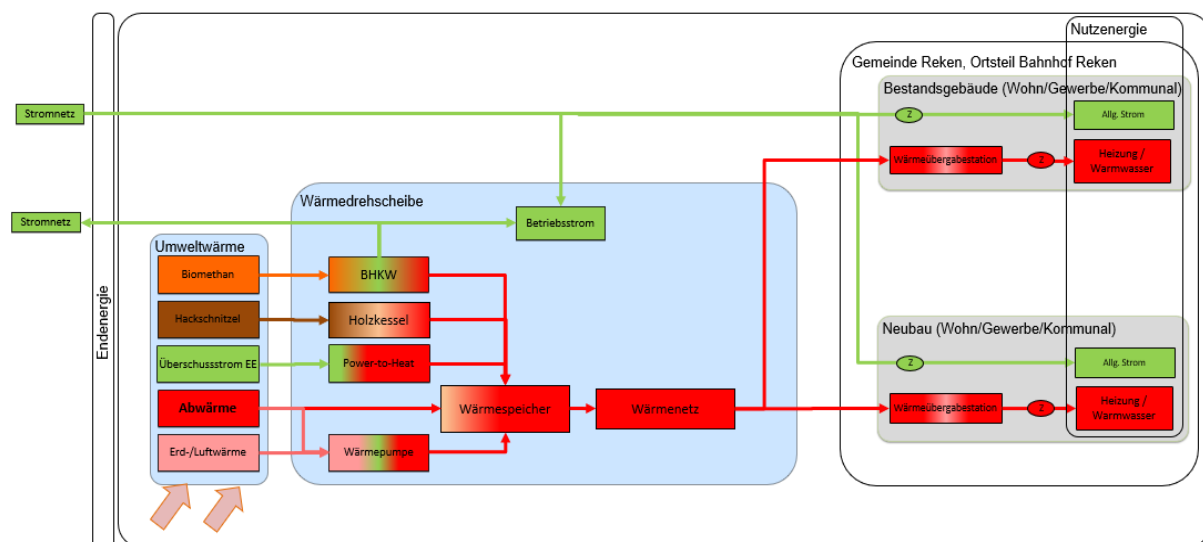


Abbildung 16 Schema Energieaspekte warmes Netz

## 4.3 Hybride Netzvariante

Vor dem Hintergrund der Energiewende kann es nicht das Ziel sein, am Status quo festzuhalten und Bestandsgebäude dauerhaft mit warmer Nahwärme zu versorgen. Da die Energiewende auch verstärkt auf dem Wärmesektor zu energetischen Verbesserungen führt, wird mit den zunehmenden Sanierungen der Gebäude der spezifische Wärmebedarf sinken. Aufgrund der gleichbleibenden Wärmeverluste im warmen Nahwärmenetz, wird dieses eine immer ineffizientere Technologie. Für einen

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

---

Teil der Gebäude in dem zu untersuchenden Projekt mag dieses möglich sein, aber um die hohen Temperaturen in den benötigten Mengen zur Verfügung zu stellen, müssen Energieträger mit hohen Energiedichten eingesetzt werden. Auf der regenerativen Seite kann dieses nur durch Holz oder Biogas sichergestellt werden. Auf die gesamte Energiewirtschaft gesehen sollten diese aber ausschließlich in den Bereichen eingesetzt werden, in denen diese hohen Temperaturniveaus unabdingbar sind (Industrie/Gewerbe). Für die Wärmeversorgung in privaten Haushalten und für die Heizwärme in allen Bereichen, wird die Wärmepumpe zukünftig der Standard sein. Dieser Umstand ist bei der Auslegung heutiger Wärmenetze zu berücksichtigen. Das hybride Wärmenetz muss den Spagat schaffen zwischen der Versorgung moderner Niedertemperaturgebäude auf der einen und Altbauten auf der anderen Seite. Dabei muss es so flexibel sein, dass die zukünftige Umrüstung von Altbauten auf Niedertemperaturgebäude nicht an dem bestehenden Anschluss an ein Wärmenetz scheitert.

Die Flexibilität des hybriden Wärmenetzes kann daher mehrdimensional gedacht werden. So sollte das Temperaturniveau des „warmen“ Hausanschlusses ohne große Umbaumaßnahmen in einen „kalten“ umwandelbar sein. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Wärmedrehscheibe unterschiedliche also kalte und warme Temperaturniveaus zur Verfügung stellt und das Wärmenetz aus einem Doppelrohr besteht.

## 5 Wirtschaftlichkeit

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Kostenstellen betrachtet, um so die Wärmegestehungskosten für die Abwärmenutzung abzuschätzen.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für die Varianten mit kalter und warmer Nahwärme und der bereits oben getroffenen Annahme, dass in einem ersten Ausbauschritt 2.000 MWh/a Wärme benötigt werden. Weiterhin wird von 50 Anschlussnehmern ausgegangen. Alle Beträge sind netto Angaben.

### 5.1 Kosten der Wärmequellenerschließung (Abwärmeauskopplung)

In dieser Studie werden die Aussagen vom Industriebetrieb, dass sie die Abwärme kostenlos zur Verfügung stellen und dass keine Kosten für die Erschließung der Abwärmequellen für das Werk entstehen sollen, als grundlegende Prämisse angesetzt.

Die Benning Agrar-Energie GmbH trägt somit sämtliche Investitions- und Betriebskosten für die notwendigen Wärmetauscher sowie für die Rohrleitung zur Abführung der Wärme vom Werksgelände. Im Gegenzug fallen ihr keine Energiekosten für die genutzte Abwärme an.

Die Investitionskosten werden mit rund 300.000 € angesetzt. Hinzu kommen jeweils 25.000 € für die Einrichtung der Wärmezentrale mit Pumpen und Steuerungstechnik.

### 5.2 Kosten regenerativer Wärmeerzeuger

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden als regenerative Redundanz für die Abwärme Holzhackshnitzelkessel betrachtet. Je nach Ausbaustufe des Wärmenetzes und dem damit steigendem Wärmebedarf, sollen die Kessel in Kaskaden erweitert werden können. Für einen Kessel mit 500 kW Leistung werden 100.000 € Investitionskosten veranschlagt. Bei der kalten Netzvariante werden die benötigten Heiztemperaturen des Wärmeabnehmers durch die dezentralen Wärmepumpen erzeugt. Somit wird bei dieser Variante in der ersten Netzausbaustufe ein Kessel eingesetzt. Für die Versorgung mit der warmen Nahwärme wird mit zwei Kesseln gerechnet.

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

---

Die Energiekosten für die Holzhackschnitzel werden mit 4,5 ct/kWh Wärme angenommen.

### 5.3 Kosten Wärmeverteilung

Das Wärmenetz wird in der ersten Ausbaustufe mit einer Länge von knapp 3,5 km angenommen. In einem warmen Nahwärmenetz müssen die Rohrleitungen besser gedämmt sein, um die heißen Vorlauftemperaturen bis zum Kunden bringen zu können. Somit wird in dieser Variante mit 350 €/m gerechnet. Die Kosten im kalten Nahwärmenetz werden mit 250 €/m angesetzt. Für die Hausübergabestationen werden 5.000 € je Anschluss angenommen. In der kalten Variante werden diese durch die dezentralen Wärmepumpen ersetzt, die mit einem Preis von 15.000 € in die Berechnung einfließen. Bei der jetzigen Unternehmensstruktur wird davon ausgegangen, dass der regenerative Strom für den Betrieb der Wärmepumpen extern eingekauft wird. Hierfür wird ein Mischpreis von 20 ct/kWh angenommen.

### 5.4 Förderungsmöglichkeiten

Mit der „Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ können über die KfW Fördermittel für

- den Biomassekessel (Holzhackschnitzel) inkl. Pufferspeicher,
- das Wärmenetz,
- den großen Wärmespeicher (im Wärmenetz),
- die Hausübergabestationen und
- die Erschließung und Nutzung von Umweltwärme

beantragt werden. Über das Programm „Energieeffizienz in der Wirtschaft“ des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) kann ein Zuschuss für

- die Anbindung an die Abwärmequellen

beantragt werden. Mit der neuen „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) können bei der kalten Netzvariante

- die dezentralen Wärmepumpen



## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

---

als Austausch gegen die Bestandsheizung mit 35% der Kosten gefördert werden. Alternativ zu den drei vorher genannten Programmen ist die Möglichkeit zu prüfen, eine Förderung über die „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetze 4.0)“ (BAFA) für

- das komplette Projekt „Wärmedrehscheibe“

mit rund 40% Zuschuss zu beantragen.

Um die maximale Höhe an Fördermittel (vgl. Tabelle 3 im nächsten Abschnitt) generieren zu können, müssen die einschlägigen Voraussetzung gemäß der Richtlinie erfüllt werden.

### 5.5 Technische Wärmegehaltungskosten

Mit den vorbenannten Annahmen ergibt sich für die beschriebenen Netzvarianten folgende Kostensituation. Neben den oben genannten Fördermitteln werden die Investitionskosten in der nachstehenden Tabelle inklusive der Neben- und Planungskosten ausgewiesen (Annahme für die Planungskosten: 20% der Investitionskosten). Die dargestellten Betriebskosten beziehen sich ausschließlich auf die Wartung der Wärmeerzeuger sowie des Wärmenetzes und einem vergleichsweise kleineren Anteil an Personalkosten.

Die vorangegangene Auflistung der Kostenstellen betrachtet rein die technische Seite der Erschließung des Abwärmepotentials. Vertriebliche Kosten wie beispielsweise: Abrechnung, Akquise, Marketing, Risikozuschlag und Gewinnmarge sind in den Kosten bisher nicht mitberücksichtigt. Die genannten Zahlen für die Wärmegehaltungskosten werden sich daher noch leicht erhöhen.

Mit den vorbenannten Annahmen für die Kosten, entstehen für die Benning Agrar-Energie GmbH technische netto Mischwärmegehaltungskosten von **10,68 ct/kWh** (kalte Netzvariante) bzw. **10,51 ct/kWh** (warme Netzvariante).

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

<b>Investitionskosten - Gesamt</b>	<b>2.557.397 Euro</b>	<b>2.878.356 Euro</b>
zentrale Wärmeerzeuger / Anbindung Abwärme Industriebetrieb	630.000 Euro	840.000 Euro
Wärmenetz	1.027.397 Euro	1.738.356 Euro
Hausanschlüsse / Wärmeübergabestation	900.000 Euro	300.000 Euro
<b>Zuschüsse gesamt</b>	<b>758.623 Euro</b>	<b>649.623 Euro</b>
Fördermittel	758.623 Euro	649.623 Euro
Baukostenzuschuss	0 Euro	0 Euro
<b>Finanzierung</b>	<b>1.798.774 Euro</b>	<b>2.228.733 Euro</b>
<b>Kosten gesamt</b>	<b>213.692 Euro/a</b>	<b>210.291 Euro/a</b>
Energiekosten	110.701 Euro/a	76.136 Euro/a
Betriebskosten	40.467 Euro/a	53.729 Euro/a
Kapitalkosten	62.524 Euro/a	80.425 Euro/a

Tabelle 3 Übersicht Kosten, Zuschüsse und Finanzierung (Angaben in netto Beträgen)

## 6 Faktoren für den Projekterfolg

Welche Mengen an Abwärme zukünftig tatsächlich genutzt werden, welche Wärmegestehungskosten auf der Betreiberseite entstehen, welcher Wärmepreis durch die Endkunden zu entrichten ist und wie hoch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung dann sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bspw.:

- tatsächlicher Wärmebedarf der Endkunden (Menge, Temperaturniveau, Jahresgang)
- Netztopologie (kalte, warme, hybride Variante)
- Validierung Abwärmepotential
- Wärmeerzeugung Spitzenlast / Redundanz
- Wärmepufferspeicher
- Stromversorgung der Heizzentrale und ggf. Wärmepumpen

Umso konkreter die Einflussfaktoren definiert werden können, desto genauer können auch die Werte ermittelt werden.

### 6.1 Der Weg und Ausblick

Als nächster konkreter Schritt auf dem Weg zum Erfolg der Wärmedrehscheibe muss der tatsächliche Wärmebedarf ermittelt werden. Hierzu müssen Wärmekunden gewonnen werden, die sich über einen längeren Zeitraum an das Nahwärmenetz binden wollen. Für den gleichen Zeitraum muss auch die Nutzungsmöglichkeit der Abwärme des Werks zugesichert werden. Dieses Abwärmepotential ist durch weitere Datenerhebungen zu validieren und daraufhin die regenerativen Wärmeerzeuger auszulegen.

Eine verbesserte Förderung von Wärmenetzen, die mittels regenerativer Energien versorgt werden, kann für den Projekterfolg ein ausschlagender Faktor werden. Hierdurch können die Kosten reduziert und den potentiellen Kunden ein attraktiverer Wärmepreis angeboten werden. Von daher ist das in der politischen Ausarbeitung befindlichen Förderkonzept für dieses Projekt mit zu berücksichtigen.

## 6.2 Potential zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Durch den insgesamt höheren Strombedarf bei der kalten Nahwärme und dem hohen spezifischen Emissionsfaktor (des aus dem öffentlichen Netz bezogenen Stroms) entstehen für die Wärmeversorgung insgesamt etwa 233 t CO<sub>2</sub> Emissionen. Bei dem warmen Nahwärmenetz sind es rd. 99 t CO<sub>2</sub>. Hierbei stammt die zusätzlich benötigte Wärme aus der Verbrennung von Holzhackschnitzeln. Der Referenzwert der Emissionen bei der betrachteten Wärmeversorgung (2.000 MWh/a, je 50% Gas- und Ölkessel, 90% Systemwirkungsgrad) beträgt 531 t CO<sub>2</sub>. Somit lassen sich **Einsparungen** von jährlich **298** bzw. **432 t CO<sub>2</sub>** erzielen. Bei einem Vergleich der technischen Wärmegestehungskosten der hier dargestellten Variante mit den momentanen Energiekosten der Endkunden für Öl (6,17 ct/kWh) und Erdgas (5,0 ct/kWh) ergeben sich CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von 301 Euro bzw. 199 Euro je t CO<sub>2</sub>. Bei der Berechnung sind die Steigerungen der Energiekosten sowie die Kapital- und Betriebskosten der privaten Verbraucher nicht mitberücksichtigt.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Menge an jährlich eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit zum Wärmebedarf. Gleichzeitig wird der prozentuale Anteil des genutzten Abwärmepotentials aufgetragen. Aufgrund der höheren Vorlauftemperaturen im warmen Netz können die Abwärmequellen nur teilweise – oder wie bei der Motorkühlung nicht – effektiv genutzt werden. Generell lässt sich an diesem Wert die große Asymmetrie zwischen Abwärmeangebot und Wärmebedarf erkennen. Bei der kalten Netzvariante werden alle Temperaturniveaus der Abwärme genutzt, sodass die prozentuale Ausnutzung höher ist. Für die Temperaturerhöhung direkt beim Endkunden kommen Wärmepumpen zum Einsatz. Der hierzu benötigte Strom reduziert die CO<sub>2</sub>-Einsparungen, da von einer vorerst CO<sub>2</sub>-behafteten Stromversorgung auszugehen ist.

Die aufgezeigten Potentiale können nur dann ausgeschöpft werden, wenn es gelingt die Abwärme des Werks für die Wärmeversorgung nutzbar zu machen.

## Machbarkeitsstudie Wärmedrehscheibe

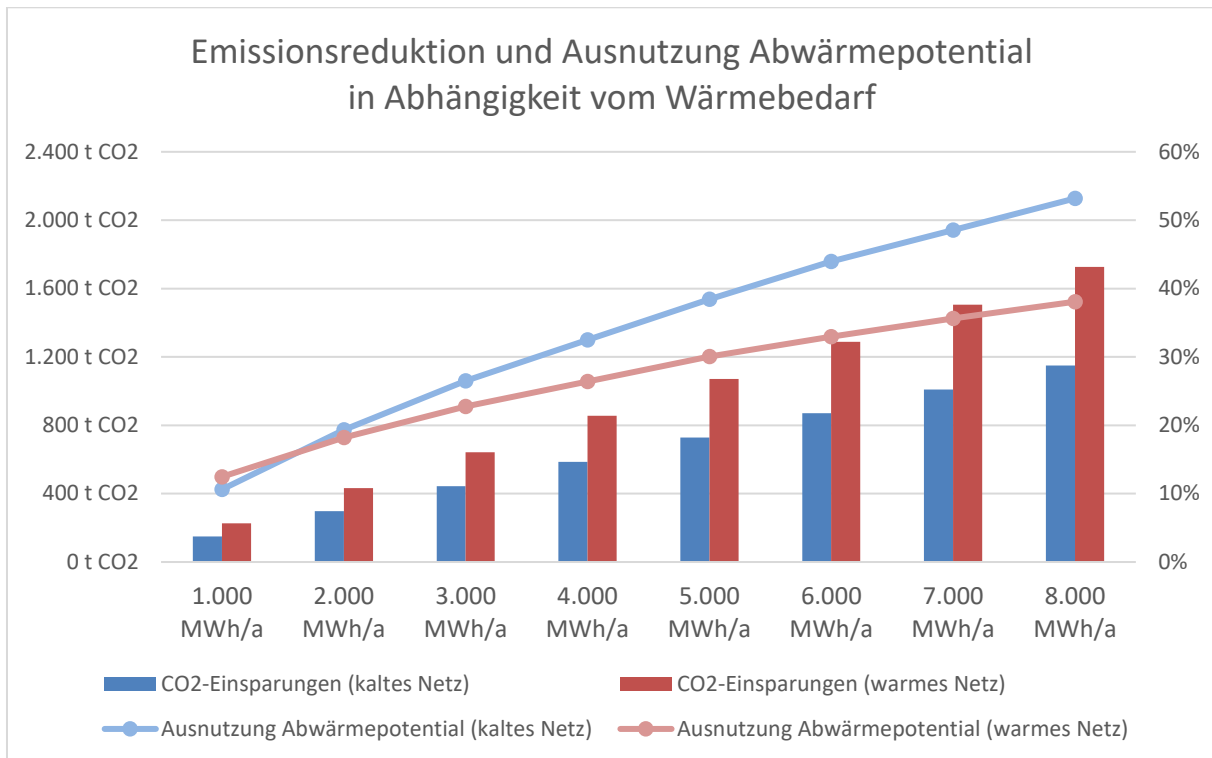


Abbildung 17 Auswirkungen der nachgefragten Wärmemenge

## 7 Anhang

### 7.1 Hinweis – Erklärung

Diese Machbarkeitsstudie wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben deshalb in der Verantwortung des Auftraggebers.

Der Bericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlungen und Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den zur Verfügung gestellten Daten. Im weiteren Verlauf des Projektes empfehlen wir bei umfangreichen Maßnahmen eine sorgfältige fachliche Planung.

Die iNeG übernimmt keine Haftung für nicht bewilligte Förderanträge.

### 7.2 Verzeichnisse

#### 7.2.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Jahresverlauf Motorabgase .....	7
Abbildung 2 Jahresdauerlinie Motorabgase.....	7
Abbildung 3 Jahresverlauf Motorkühlung.....	8
Abbildung 4 Jahresdauerlinie Motorkühlung.....	8
Abbildung 5 Jahresverlauf BHKW kumuliert .....	9
Abbildung 6 Jahresdauerlinie BHKW kumuliert .....	9
Abbildung 7 Jahresverlauf Spinatstraße .....	10
Abbildung 8 Jahresverlauf des gesamten Abwärmepotential des Werks .....	11
Abbildung 9 Schema Energieaspekte der bisherigen Wärmeversorgung.....	14
Abbildung 10 Jahresverlauf Wärmebedarf (2.000 MWh/a) .....	16
Abbildung 11 Jahresdauerline Wärmebedarf (2.000 MWh/a) .....	16
Abbildung 12 Jahresverlauf Wärmebedarf minus Abwärmepotential .....	17
Abbildung 13 Jahresdauerlinie Wärmebedarf minus Abwärmepotential.....	18
Abbildung 14 Entwurf für einen möglichen Trassenverlauf (Kartenmaterial: google.maps).....	19
Abbildung 15 Schema Energieaspekte kaltes Netz .....	20
Abbildung 16 Schema Energieaspekte warmes Netz .....	21

Abbildung 17 Auswirkungen der nachgefragten Wärmemenge ..... 29

### 7.2.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ansprechpartner ..... 5  
Tabelle 2 Übersicht Abwärmepotential ..... 11  
Tabelle 3 Übersicht Kosten, Zuschüsse und Finanzierung (Angaben in netto Beträgen)  
..... 26