

Energie



Mobilität



Umwelt



Gebäude



Energieversorgungskonzept für ein
Nahwärmenetz im Ortsteil Alvesrode
der Stadt Springe

Foto © energielenker

Stand: 09.04.2024



Auftraggeber

Stadt Springe
Zur Salzhaube 9
31832 Springe
Tel.: +49 5041 73-397
Ansprechpartner: Cedric Niemann

Auftragnehmer

Energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven
Tel.: +49 257 158 866-133
Ansprechpartnerin: Linda Mensing

Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	4
TABELLENVERZEICHNIS.....	5
1 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	6
1.1 Projektbeschreibung und Zielsetzung	6
1.2 Methodisches Vorgehen	7
2 BEDARFSANALYSE.....	8
2.1 Bedarfsanalyse Wärme.....	8
2.2 Bedarfsanalyse Strom.....	12
3 POTENZIALANALYSE	13
3.1 Biogasanlage	13
3.2 Geothermie	13
3.3 Photovoltaik	16
4 VARIANTEN DER WÄRMEVERSORGUNG	18
4.1 V1: minimale Sanierung, Hackschnitzel Heizkessel mit Biogasanlage, mit einer Netztemperatur von ca. 90 °C	18
4.2 V2: optimale Sanierung, Hackschnitzel Heizkessel mit Biogasanlage, mit einer Netztemperatur von ca. 70 °C	21
4.3 Zusammenfassung der Auslegung.....	23
5 FÖRDERMÖGLICHKEITEN.....	24
6 ERGEBNISSE	25
6.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	25
6.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	25
6.3 CO ₂ -Emissionen.....	28
6.4 Primärenergieeinsatz.....	29
6.5 Bewertung der Ergebnisse und Fazit.....	31
6.6 Nächste Schritte	31
7 ANHANG	32

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Luftbild Alvesrode, Stadt Springe	6
Abbildung 3-1: Abbildung der Biogasanlage	13
Abbildung 3-2: Trinkwasserschutzgebiete in Alvesrode-Springe	14
Abbildung 3-3: Wärmeleitfähigkeit in der Umgebung	15
Abbildung 3-4: PV-Belegung der Dachfläche der Kapelle	16
Abbildung 3-5: PV-Belegung der Dachfläche der Feuerwehr	17
Abbildung 3-6: PV-Belegung der Dachfläche des Dorfgemeinschaftshaus	17
Abbildung 4-1: Schema Variante mit minimaler Sanierung.....	18
Abbildung 4-2: Schema einer beispielhaften Heizzentrale für Variante 1	19
Abbildung 4-3: Auslegung des Netzes für Variante 1	20
Abbildung 4-4: Schema Variante mit optimaler Sanierung	21
Abbildung 4-5: Schema einer beispielhaften Heizzentrale für Variante 2	22
Abbildung 4-6: Auslegung des Netzes für Variante 2	23
Abbildung 6-1: Vergleich der Investitionskosten beider Varianten	26
Abbildung 6-2: Vergleich des kostendeckendes Wärmepreises beider Varianten	26
Abbildung 6-3: Vergleich der jährlichen Kosten beider Varianten	27
Abbildung 6-4: CO ₂ -Emissionen der Varianten	28
Abbildung 6-5: Primärenergieeinsatz der Varianten	29

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: Ergebnisse Bedarfsermittlung Wärme/Kälte ohne Sanierung	8
Tabelle 2-2: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Wohngebäude (Variante 1)	9
Tabelle 2-3: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Wohngebäude (Variante 2)	9
Tabelle 2-4: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Nicht-Wohngebäude (Variante 1)	10
Tabelle 2-5: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Nicht-Wohngebäude (Variante 2)	10
Tabelle 2-6: Ergebnisse Bedarfsermittlung beider Varianten	11
Tabelle 3-1: PV-Potenzial gesamt	17
Tabelle 4-1: Eckdaten Energieerzeugung der Varianten	23
Tabelle 6-1: Investitions- & jährliche Kosten	25
Tabelle 6-2: Jährliche Kosten	27
Tabelle 6-3: Übersicht der CO ₂ -Emissionen	28
Tabelle 6-4: Übersicht der Primärenergiefaktoren	30
Tabelle 6-5: Ergebnisse der Emissionsanalyse	30

1 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

1.1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Die Stadt Springe möchte im Ortsteil Alvesrode mit seinen 223 Haushalten prüfen, inwieweit es möglich ist, mittels Einsatzes regenerativer Energien möglichst umweltfreundlich autark zu werden. Hierbei soll die Realisierung eines Nahwärmsnetzes im Mittelpunkt der Betrachtung stehen. Nachfolgende Abbildung zeigt ein Luftbild des Ortsteils Alvesrode.



Abbildung 1-1: Luftbild Alvesrode, Stadt Springe (Quelle: Google Maps, angepasste Darstellung)

Ziel des Energieversorgungskonzeptes „Nahwärme Alvesrode“ ist, die Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit einer Nahwärmeversorgung zur Energie-Autarkie auf Basis von Biogas und biogenen Festbrennstoffen. Neben der Wirtschaftlichkeit soll dabei besonderes Augenmerk auf die Umweltauswirkungen, Energieeffizienz und die Realisierbarkeit gelegt werden.

Um dem Anspruch einer Energie-Autarkie gerecht zu werden, sollen unterschiedliche Varianten zur Energieversorgung durch die energielinker projects GmbH betrachtet werden. Ein möglicher Baustein dabei ist die im Norden des Ortsteils gelegene Biogasanlage eines örtlichen Landwirtes.

1.2 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen des energetischen Versorgungskonzeptes erfolgt zunächst die Erfassung und Analyse der energetischen Rahmenbedingungen der Energieverbraucher. Im Fokus stehen hierbei die Ermittlung der Verbräuche, Simulation der Lastgänge und Abstimmungen mit den Projektpartnern. Dies bildet die Grundlage für die Berechnung des Heizwärmebedarfs, des Gesamtwärmebedarfs und des Strombedarfs.

Es werden gegebenenfalls benötigte Flächen, wie z.B. Geothermie für die Wärmeerzeugung, benannt und kommuniziert.

Auf Grundlage der Bedarfsanalyse werden unterschiedliche Energieversorgungskonzepte herausgearbeitet. Für diese Konzepte folgen technische Beschreibungen, Potenzialanalysen für erneuerbare Energien, Kostenermittlungen und als Ergebnis ein Wirtschaftlichkeits- und Ökologievergleich. Ziel ist es dabei, eine technisch umsetzbare, wirtschaftlich sinnvolle und energetisch effiziente Variante herauszuarbeiten. Der Fokus liegt dabei auf einem möglichst niedrigen Primärenergiefaktor, einem möglichst günstigen Wärmepreis, sowie einer Optimierung der Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungsaufwände durch Lebenszyklusbetrachtungen der Anlagen. Die kaufmännischen Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Die Berechnungen erfolgen unter den Rahmenbedingungen aktueller und für die zukünftigen Jahre bereits bekannter regulatorischer, gesetzlicher und fördertechnischer Kenntnisse (CO₂-Bepreisung, etc.). Förderkulissen werden recherchiert und in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen separat ausgewiesen und berücksichtigt.

Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst, um die Vorzugsvariante zu identifizieren.

2 BEDARFSANALYSE

2.1 Bedarfsanalyse Wärme

Die Grundlage der Bedarfsanalyse bilden die zur Verfügung gestellten Daten, darunter eine Wärmebedarfskarte, sowie die Festlegungen bezüglich der angestrebten energetischen Sanierungsvorschläge für sämtliche Gebäude. Dabei werden die Gebäude in Wohn- und Nicht-Wohngebäude unterteilt. Die Summe der Bedarfe entspricht dem Gesamtbedarf aller Gebäude.

Festlegungen zur Bedarfsanalyse:

- Es wird angenommen, dass der Wärmebedarf der Wohngebäude im Wärmenetz 50 % des Gesamtbedarfs der Wohngebäude des Gebiets ausmacht. Diese Annahme beruht auf einer Absprache mit der Stadt Springe, wonach die Hälfte der Wohngebäude an das Netz angeschlossen wird.
- Es ist vorgesehen, dass sich 12 Nicht-Wohngebäude dem Wärmenetz anschließen. Diese Prognose basiert auf der Identifizierung von 12 beheizten Nichtwohngebäuden durch die Stadt.
- Ziel des energetischen Standards in zwei Varianten: jährliche 1% Sanierung über 20 Jahre und Sanierung von 50% in 10 Jahren, gefolgt von jährlich 1%.
- Bereitung von Trinkwarmwasser (TWW) erfolgt durch den primären Wärmeerzeuger; beispielsweise sind elektrische Durchlauferhitzer nicht vorgesehen.
- Der theoretische Kältebedarf entspricht etwa 5% des Wärmebedarfs und wird nicht als zu deckender Bedarf berücksichtigt.
- Die Heizlast wurde berechnet, indem der Wärmebedarf durch die von Erfahrungswerten angenommenen Vollbenutzungsstunden von 1.800 Stunden dividiert wird.

Durch die von der Stadt Springe bereitgestellten Daten der Wärmebedarfskarte lassen sich die Gesamtwärmebedarfe pro Gebäudetyp ermitteln. Diese sind in Tabelle 2.1 aufgeführt. Der resultierende Wärmebedarf beläuft sich auf etwa 3.540 MWh/a, unter Berücksichtigung der Annahme, dass sich nur 50% der Wohngebäude sowie die in den Angaben der Stadt Springe genannten Nicht-Wohngebäude an das Wärmenetz anschließen.

Tabelle 2-1: Ergebnisse Bedarfsermittlung Wärme/Kälte ohne Sanierung

	HW-Bedarf	TWW-Bedarf	Wärmebedarf	Kühlbedarf	Heizlast
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]
WG (50%)	3.062	201	3.263	153	1.813
Nicht-WG	270	7	277	13	154
Summe	3.332	208	3.540	166	1.967

Wie bereits erwähnt, wird der Wärmebedarf in zwei verschiedenen Varianten betrachtet. In der ersten Variante erfolgt eine jährliche Sanierung mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 1% über einen Zeitraum von 20 Jahren. In der zweiten Variante erfolgt eine Reduzierung um 50% in den ersten 10 Jahren, gefolgt von einer weiteren jährlichen Reduzierung um 1% in den nächsten 10 Jahren. Diese Werte werden auf Wohngebäude (WG) und Nichtwohngebäude aufgeteilt.

Tabelle 2-2: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Wohngebäude (Variante 1)

	Spez. HW-Bedarf	HW-Bedarf	TWW-Bedarf	Wärmebedarf	Heizlast
	[kWh/m ² -a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]
Jetzt	190	3.062	201	3.263	1.813
In 10 Jahren	172	2.769	201	2.971	1.650
In 20 Jahren	156	2.504	201	2.706	1.503
Mittelwert	172	2.774	201	2.976	1.653

Tabelle 2-3: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Wohngebäude (Variante 2)

	Spez. HW-Bedarf	HW-Bedarf	TWW-Bedarf	Wärmebedarf	Heizlast
	[kWh/m ² -a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]
Jetzt	190	3.062	201	3.263	1.813
In 10 Jahren	95	1.531	201	1.732	962
In 20 Jahren	86	1.384	201	1.585	881
Mittelwert	115	1.851	201	2.053	1.140

Tabelle 2-4: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Nicht-Wohngebäude (Variante 1)

	Spez. HW- Bedarf	HW-Bedarf	TWW-Bedarf	Wärmebedarf	Heizlast
	[kWh/m ² ·a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]
Jetzt	191	270	7	277	154
In 10 Jahren	173	244	7	251	139
In 20 Jahren	156	221	7	228	126
Mittelwert	173	245	7	252	140

Tabelle 2-5: Ergebnisse Bedarfsermittlung der Nicht-Wohngebäude (Variante 2)

	Spez. HW- Bedarf	HW-Bedarf	TWW-Bedarf	Wärmebedarf	Heizlast
	[kWh/m ² ·a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]
Jetzt	191	270	7	277	154
In 10 Jahren	96	135	7	142	79
In 20 Jahren	86	122	7	129	72
Mittelwert	116	163	7	170	94

Daraus ergibt sich für die Variante 1, einen durchschnittlichen Wärmebedarf von 3.227 MWh/a und für die Variante 2 einen Wert von 2.223 MWh/a, wie in der Tabelle zu sehen ist. Zusätzlich stehen in der Tabelle 2-6 die Heizlast Werte mit Gleichzeitigkeitsfaktor beider Varianten.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor beschreibt, wie sich die Leistungsspitzen der verschiedenen Verbraucher zeitlich verteilen, was dazu führt, dass die erforderliche Gesamtleistung des Wärmenetzes geringer als die Summe der individuellen Spitzenleistungen der Verbraucher ist. Für das Netz wurde in diesem Fall ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,65 angenommen

Tabelle 2-6: Ergebnisse Bedarfsermittlung beider Varianten

	Wärmebedarf V1	Heizlast V1	Wärmebedarf V2	Heizlast V2
	[MWh/a]	[kW]	[MWh/a]	[kW]
Jetzt	3.540	1.279	3.540	1.279
In 10 Jahren	3.222	1.164	1.874	677
In 20 Jahren	2.934	1.060	1.714	619
Mittelwert	3.227	1.165	2.223	803

2.2 Bedarfsanalyse Strom

Aus statistischen Werten lässt sich der Bedarf an elektrischer Energie ermitteln. Dieser liegt bei Wohngebäuden bei etwa 28 kWh/(m²·a). Dieser Bedarf stellt den allgemeinen Verbrauch dar, einschließlich Beleuchtung und Haushaltsgeräte. Er führt zu einem Haushaltsstrombedarf von 926 MWh pro Jahr für alle Wohngebäude im Gebiet. Nicht-Wohngebäude wurden aufgrund ungenauer Daten zur Art und Nutzung nicht berücksichtigt.

Aufgrund der zunehmenden Anzahl von elektrischen Fahrzeugen kommt zu dem allgemeinen Bedarf der Strombedarf der E-Mobilität hinzu. Anhand einiger Ziele der Bundesregierung und von Prognosen lässt sich der zukünftige Strombedarf zum Laden der E-KFZ abschätzen.

- 10,5 Mio. E-Autos bis 2030 – Nationale Plattform Zukunft der E-Mobilität (NPM)

Nach dem Ziel der Bundesregierung sollen in Deutschland ca. 10,5 Mio. E-KFZ im Jahr 2030 zugelassen sein. Auf Basis dieses Zieles wird der Strombedarf für die E-Mobilität für das Quartier skaliert. Im Kreis Alvesrode gibt es aktuell ca. 500 Einwohner. Entsprechend dem Ziel von 2030 werden es voraussichtlich etwa 55 Fahrzeuge sein.

Um der folgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gerecht zu werden, die sich auf einen Zeitraum von 20 Jahren bezieht, wird die Entwicklung anhand der vorab genannten Ziele und Prognosen berechnet. Hieraus ergibt sich für jedes Jahr eine Anzahl an E-Fahrzeugen. Diese Anzahl wird in BEV (Batterieelektrisch, vollelektrisch) und PHEV (Plug-In-Hybrid) aufgeteilt.

Somit ergibt sich ein Strombedarf von ca. 115 MWh/a für das Laden der E-KFZ.

Der gesamte Strombedarf des Gebietes (ohne den Stromverbrauch von Nicht Wohngebäuden zu beachten) liegt somit bei 1.041 MWh/a.

3 POTENZIALANALYSE

3.1 Biogasanlage

Die Biogasanlage, gelegen im nördlichen Stadtteil (siehe Abbildung 3-1) und ca. 200 m vom nächstgelegenen potenziellen Wärmeabnehmer entfernt, verfügt über einer Leistung von 400 kW_{el}, wobei sie konstant mit 370 kW rund um die Uhr in Betrieb ist.



Abbildung 3-1: Abbildung der Biogasanlage [Quelle: Geobasis Niedersachsen, eigene Anpassung]

Der Betrieb der Biogasanlage erfolgt mit einer Menge von 9.000 Tonnen Wirtschaftsdünger und Biomasse pro Jahr.

Jährlich erzeugt die Biogasanlage 3.000 MWh Strom (im Bereich von 2.600 bis 3.300 MWh), wobei zusätzlich 2.500 MWh Wärme für ein potenzielles Wärmenetz zur Verfügung stehen.

Der Betreiber der Biogasanlage ist auch Teil einer Bürgergenossenschaft und zeigt Interesse an der Entwicklung eines Wärmenetzes. Der anzunehmende Wärmepreis liegt bei 0,04 €/kWh_{th}.

3.2 Geothermie

Der Begriff der Geothermie bezeichnet die im Erdinneren vorherrschende Wärme. Die Temperaturen im Untergrund steigen mit zunehmender Tiefe, sodass der Anstieg bis zum Erdkern auf 5.500 bis 6.500 °C geschätzt wird. Die Nutzung von Geothermie als erneuerbare Energie kann zur Wärmergewinnung und zur Stromerzeugung dienen, indem durch sehr hohe Temperaturen bzw. erzeugtem Wasserdampf eine Turbine angetrieben wird.

Es wird zwischen der oberflächennahen Geothermie (bis 400 m Tiefe) und der Tiefengeothermie (ab 400 m Tiefe) unterschieden. Die tiefe Geothermie teilt sich in die hydrothermale Geothermie (Nutzung der Wärme von Tiefenwässern) und die petrothermale

Geothermie (Nutzung der Wärme heißer Gesteinsschichten) auf. Die oberflächennahe Geothermie beschreibt die Erdwärmennutzung mittels Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden, die Nutzung der Wärme des Grundwassers oder sogar von Grubenwässern als Sonderfall.

Erdwärmesonden

Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf der oberflächennahen Geothermie für Tiefen von bis zu 200 m. Die Nutzungsbedingungen für oberflächennahe Erdwärmesonden sind von der geographischen Lage, von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie der Hydrogeologie vor Ort abhängig.

Die Abbildung 3-2 zeigt einen Kartenausschnitt vom Niedersächsischen Umweltinformationssystem (NUMIS) des Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz. Der Einsatz von Erdwärmesonden ist möglich, da der Standort nicht in einem Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet liegt.



Abbildung 3-2: Trinkwasserschutzgebiete in Alvesrode-Springe¹

Ein Merkmal zur Bestimmung der Eignung des Bodens ist dessen durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit, die die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe mit Erdwärmesonden beeinflusst. Die durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes für Erdwärmesonden wird in Watt pro Meter und Kelvin angegeben. Alternativ lässt sich die Eignung durch die mögliche Entzugsleistung in Watt pro Meter definieren.

In der Abbildung 3-3 ist erkennbar, dass keine Bohrungen in der Nähe vorhanden, sondern nur einige Kilometer entfernt vom betrachteten Wohngebiet zu finden sind. Diese weisen eine durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit von 1,9 bis 2,5 W/(m*K) auf. Jedoch lässt sich hieraus nicht die Wärmeleitfähigkeit in direkter Nähe bestimmen, da diese schon über Strecken von 10 m deutlich variieren kann. Somit wird erst nach der Durchführung eines Thermal-Response-Tests mit einer Probebohrung bekannt, wie die Eignung des Bodens tatsächlich ist.

¹ [Quelle: angepasste Abbildung vom NUMIS (<https://numis.niedersachsen.de/kartendienste/>)]

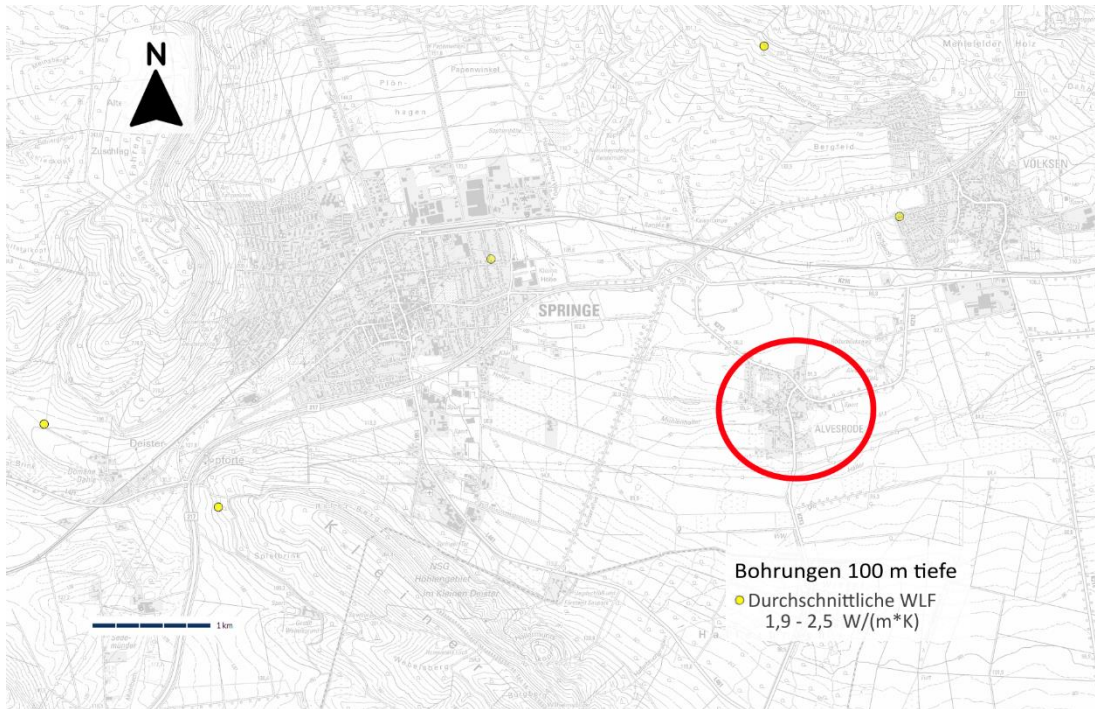


Abbildung 3-3: Wärmleitfähigkeit in der Umgebung²

Für dieses Energieversorgungskonzept wird Geothermie nicht weiter als potenzielle Wärmequelle betrachtet.

Grund dafür ist, dass die erforderlichen Vorlauftemperaturen von 90°C zu niedrigen Jahresarbeitszahlen der Sole-Wasserpumpen und einem ineffizienten Betrieb führen. Zudem ist die Grundlast durch die vorhandene Biogasanlage bereits gedeckt, was sich deutlich negativ auf die Rentabilität von Erdwärmesonden (als Spitzenlast) auswirkt.

Selbst bei Durchführung notwendiger Sanierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Jahresarbeitszahlen blieben die erforderlichen Temperaturen mit 70°C Vorlauftemperatur hoch, was weiterhin zu einer geringen Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen führt. Aufgrund dieser Umstände wird auch die Tiefengeothermie in den folgenden Abschnitten dieses Berichts nicht weiter berücksichtigt.

² [Quelle: angepasste Abbildung vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)]

3.3 Photovoltaik

Um möglichst günstig und umweltfreundlich Strom zu erzeugen, können PV-Anlagen auf den Dachflächen installiert werden. Der Einsatz von PV kann u. A. die CO₂-Bilanz der Varianten verbessern, und gleichzeitig durch die Einspeisung des erzeugten Stromes Gewinn generieren.

Im Ortsteil wurden 3 Gebäude von der Stadt Springe zur Verfügung gestellt, die mit PV-Modulen belegt werden können: die Kapelle im Westen sowie die Feuerwehr und das Dorfgemeinschaftshaus im Osten. Die Anlagen sind bei der Kapelle und dem Dorfgemeinschaftshaus nach Osten und Westen und bei der Feuerwehr nach Süden ausgerichtet. Es wird die Annahme getroffen, dass keine Verschattungen durch z. B. hohe Bäume oder ähnliches gegeben sind. Die nördlich ausgerichteten Dachflächen werden nicht belegt, da diese Ausrichtung mit einem geringen Ertrag einhergeht, wodurch sich die Anlagen nur schwer bis gar nicht wirtschaftlich darstellen lassen. Generell werden Anlagen mit einem spezifischen von über 850 kWh/(kWp*a) als wirtschaftlich sinnvoll angesehen. Eine genaue Betrachtung des Anwendungsfalls mit weiteren Faktoren wie Nutzen und tatsächliche Kosten sollte als Entscheidungsgrundlage angesetzt werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine mögliche Belegung aller drei Dachflächen.



Abbildung 3-4: PV-Belegung der Dachfläche der Kapelle [Quelle: eigene Darstellung, PV-Sol]

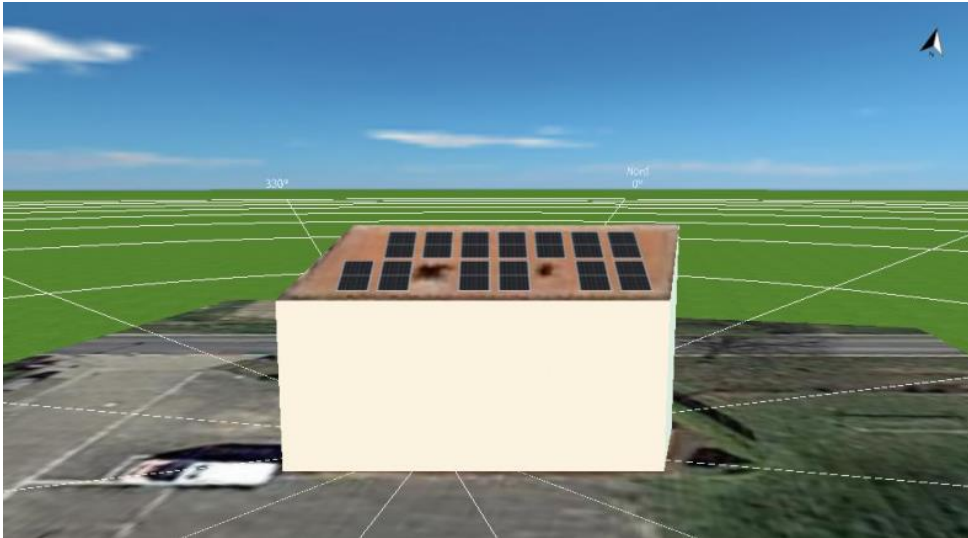


Abbildung 3-5: PV-Belegung der Dachfläche der Feuerwehr [Quelle: eigene Darstellung, PV-Sol]



Abbildung 3-6: PV-Belegung der Dachfläche des Dorfgemeinschaftshaus [Quelle: eigene Darstellung, PV-Sol]

Basierend auf der zuvor beschriebenen Belegung ergeben sich die in Tabelle 3-1 dargestellten Erträge und Leistungen. Bei einer Belegung aller Flächen beträgt die Leistung etwa 149 kWp und der Ertrag liegt bei 130 MWh pro Jahr.

Tabelle 3-1: PV-Potenzial gesamt

Typ	Leistung [kWp]	Ertrag [kWh/a]	Spez. Ertrag [kWh/(kWp*a)]
Kapelle	23,1	19.980	865
Feuerwehr	5,7	5.970	1.054
Dorfgemeinschaftshaus	120,9	103.750	857
Summe	149,7	129.700	-

4 VARIANTEN DER WÄRMEVERSORGUNG

Nachfolgend werden die Versorgungsvarianten näher beschrieben. In allen Varianten besteht die Anforderung, die Wärme für die Gebäudebeheizung und die Trinkwarmwasserbereitung bereitzustellen. Zudem ist immer ein System mit Pufferspeichern vorgesehen, um Bedarfsspitzen abzudecken. Grundlegend wird bei der Auslegung der Varianten das Ziel verfolgt, die Investitions- und die jährlichen Kosten so gering wie möglich zu halten.

Zudem wird eine möglichst geringe Umweltbelastung angestrebt. Diese wird anhand von CO₂-Emissionen (Äquivalente) bemessen, die aus den Energieeinsätzen entstehen. Genauer ist in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

Die Größe von Pufferspeichern wird grob bestimmt und gilt als Empfehlung. Hier werden ca. 100 Liter Speichervolumen pro kW Heizleistung angesetzt.

4.1 V1: minimale Sanierung, Hackschnitzel Heizkessel mit Biogasanlage, mit einer Netztemperatur von ca. 90 °C

In Variante 1 wird die Wärmeversorgung durch ein warmes Nahwärmenetz mit einer zentralen Wärmeeinspeisung ausgelegt.

Die Wärme wird durch die Biogasanlage und zwei Hackschnitzelkessel von je 500 kW Leistung bereitgestellt.

Im Folgenden ist ein möglicher Aufbau für Variante 1, inkl. einem Pufferspeicher (mit einem Volumen von 120 m³) schematisch dargestellt.



Abbildung 4-1: Schema Variante mit minimaler Sanierung [Quelle: eigene Darstellung]

Für die Holz hackschnitzelkessel (und die zusätzlich noch notwendigen Elemente wie die Netzpumpe oder die MSR) ist eine Heizzentrale notwendig, die in der Nähe der Biogasanlage aufgebaut werden sollte.

Ein Schema einer möglichen Aufstellung ist in Abbildung 4-2 zu sehen, mit einer Größe von 12 m mal 15 m. Zusätzlich wird eine Außenaufstellung des Pufferspeichers, mit einem Durchmesser von 3,1 m und eine Höhe von 16,5 m benötigt, der auch in der Nähe der Biogasanlage sein sollte.

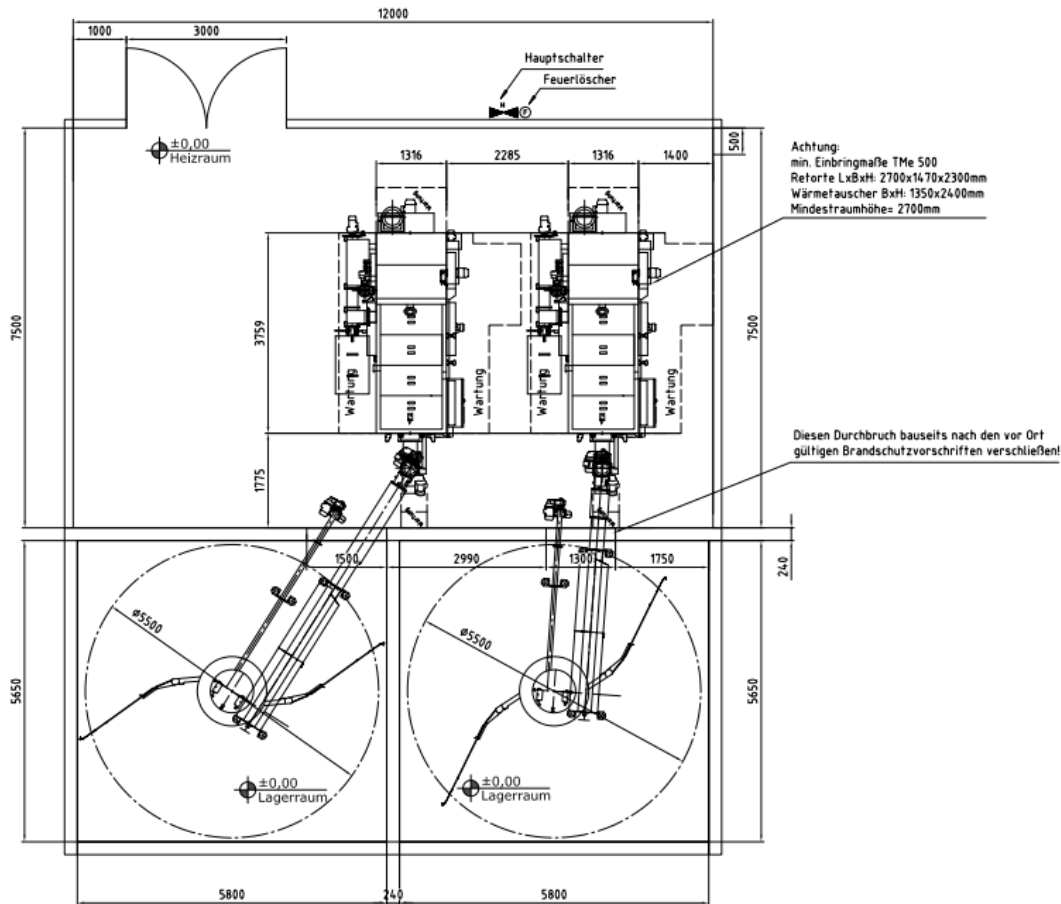


Abbildung 4-2: Schema einer beispielhaften Heizzentrale für Variante 1³

Um die Wärmebedarfsdeckung durch diese Variante zu ermöglichen, ist es notwendig, dass ein Wärmenetz ausgelegt wird, dass die Biogasanlage und die Hackschnitzelkessel mit den Wärmeabnehmern vernetzt. Die Abbildung 4-3 zeigt die notwendigen Rohrdimensionen (mit innerem Rohrdurchmesser von 50 bis 150 mm) für eine mögliche Auslegung des Netzes für diese Variante. Diese Auslegung ist eine Simulation basierend auf den verfügbaren Daten, je nachdem welche Wärmeabnehmer sich an das Netz anschließen, muss die Auslegung entsprechend angepasst werden. Die Trassenlänge entspricht ca. 3.300 m und erhöht sich auf 4.300 m, wenn die Hausanschlüsse mitberechnet werden. Der maximale Volumenstrom beträgt ca. 80 m³/h.

³ [Quelle: Schema der Fröling Heizkessel- und Behälterbau GmbH]

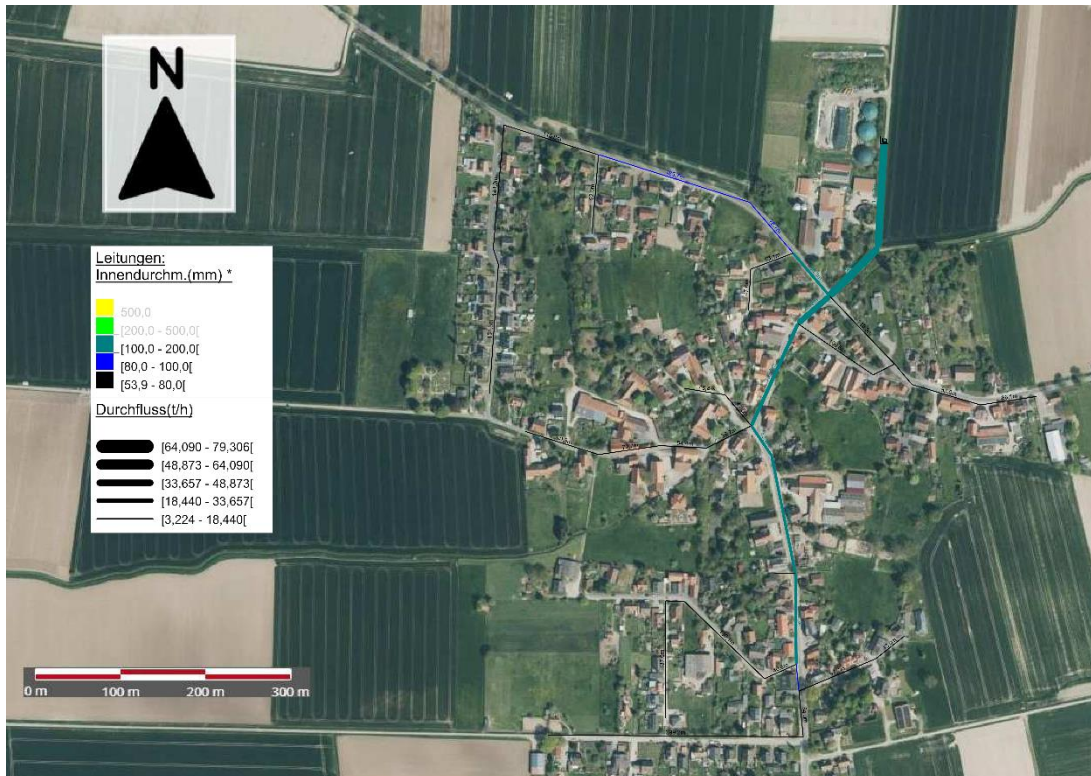


Abbildung 4-3: Auslegung des Netzes für Variante 1⁴ [Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit Stanet]

In dieser Variante besteht ein Wärmebedarf von insgesamt etwa 4.027 MWh/a (inkl. ca. 800 MWh/a Netzverluste⁵, die während dem Transport der Wärme von den Wärmeerzeuger zu den Wärmeabnehmer durch, u. a. Wärmeleitung, entstehen und somit den Wärmebedarf des Wärmenetzes erhöhen), mit einer Heizlast von 1.256 kW.

⁴ Die Auslegung des Netzes ist im Anhang in einer größeren Darstellung verfügbar.

⁵ Die Netzverluste wurden mit Stanet, einem Programmsystem zur Simulation und Analyse von Versorgungsnetzen, berechnet.

4.2 V2: optimale Sanierung, Hackschnitzel Heizkessel mit Biogasanlage, mit einer Netztemperatur von ca. 70 °C

In Variante 2 wird, wie bei Variante 1, die Wärmeversorgung durch ein warmes Nahwärmenetz mit einer zentralen Wärmeeinspeisung ausgelegt, mit der Annahme, dass die Gebäude ihren Wärmebedarf durch Sanierungsmaßnahmen um 50% in 10 Jahren reduzieren.

Die Wärme wird in diesem Fall durch die Biogasanlage und zwei Hackschnitzelkessel von je 250 kW Leistung bereitgestellt, wobei die Verwendung von zwei Kesseln nicht nur die Flexibilität und Effizienz der Versorgung steigert (da die Effizienz im Volllastbetrieb höher ist als im Teillastbetrieb) sondern auch die Betriebszuverlässigkeit erhöht, indem im Falle einer Wartung an einem Kessel der andere die Wärmeversorgung aufrechterhalten kann.

Im Folgenden ist ein möglicher Aufbau für Variante 2, inkl. einem Pufferspeicher (mit einem Volumen von 80 m³) schematisch dargestellt.

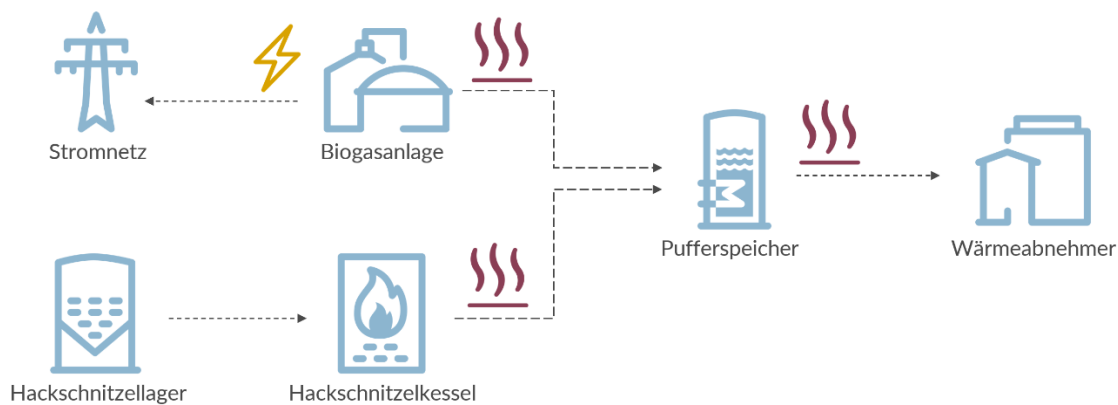


Abbildung 4-4: Schema Variante mit optimaler Sanierung [Quelle: eigene Darstellung]

Für die Holzhackschnitzelkessel (und die zusätzlich noch notwendigen Elemente wie die Netzpumpe oder die MSR) ist eine Heizzentrale notwendig, die in der Nähe der Biogasanlage aufgebaut werden sollte.

Ein Schema einer möglichen Aufstellung ist in Abbildung 4-5 zu sehen, mit einer Größe von 10 m mal 14 m. Zusätzlich wird eine Außenaufstellung des Pufferspeichers, mit einem Durchmesser von 3 m und eine Höhe von 12 m benötigt, der auch in der Nähe der Biogasanlage sein sollte.

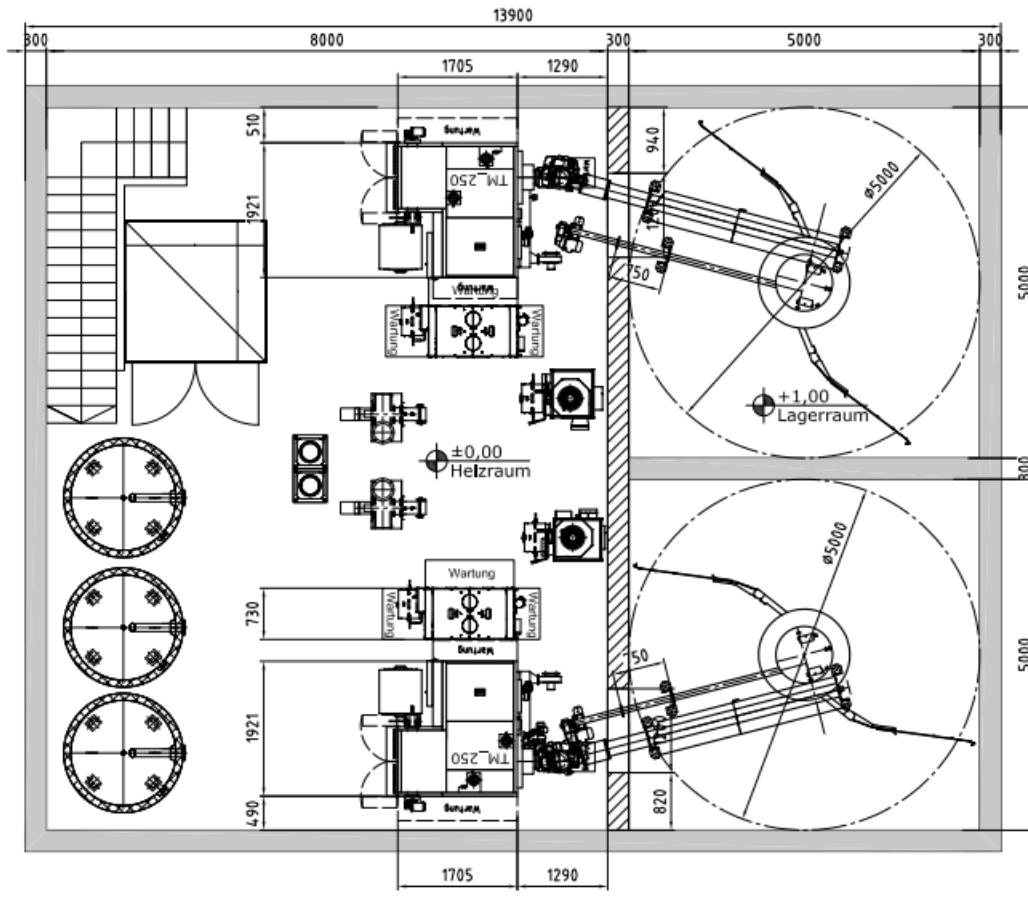


Abbildung 4-5: Schema einer beispielhaften Heizzentrale für Variante 2 ⁶

Um die Wärmebedarfsdeckung durch diese Variante zu ermöglichen, ist es notwendig, dass ein Wärmenetz ausgelegt wird, dass die Biogasanlage und die Hackschnitzelkessel mit den Wärmeabnehmern vernetzt. Die Abbildung 4-6 zeigt die notwendigen Rohrdimensionen (mit innerem Rohrdurchmesser von 40 bis 125 mm) für eine mögliche Auslegung des Netzes für diese Variante. Diese Auslegung ist eine Simulation basierend auf den verfügbaren Daten, je nachdem welche Wärmeabnehmer sich an das Netz anschließen, muss die Auslegung entsprechend angepasst werden. Die Trassenlänge entspricht ca. 3.300 m und erhöht sich auf 4.300 m, wenn die Hausanschlüsse mitberechnet werden. Der maximaler Volumenstrom beträgt ca. 55 m³/h.

⁶ [Quelle: Schema der Fröling Heizkessel- und Behälterbau GmbH]

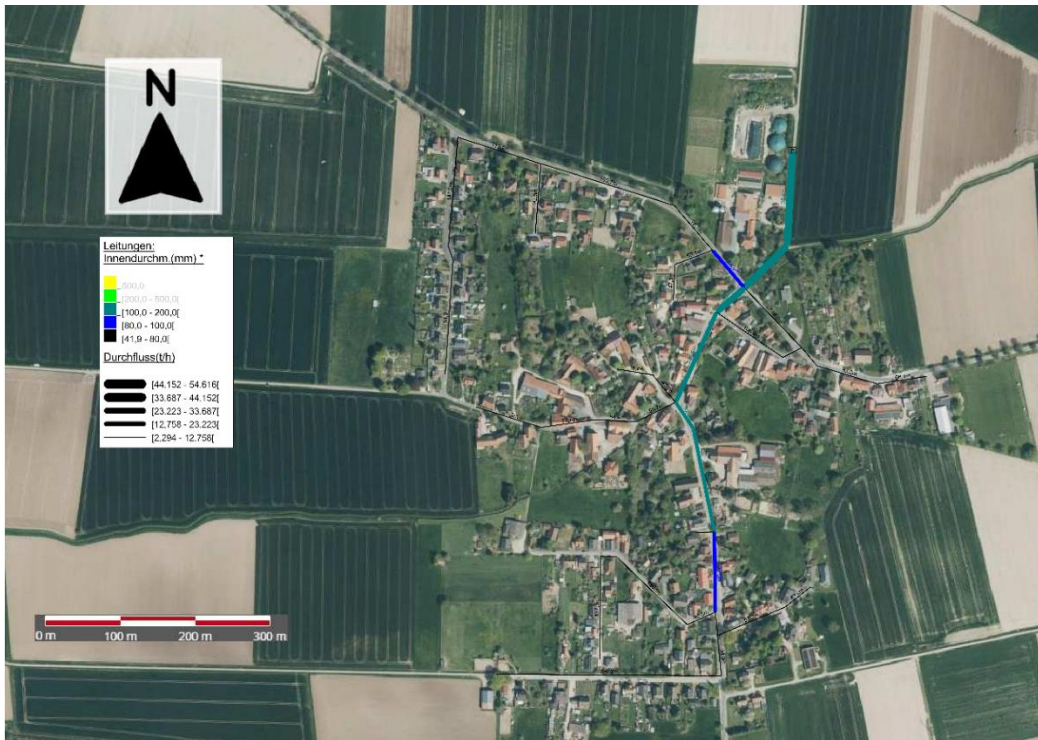


Abbildung 4-6: Auslegung des Netzes für Variante 2⁷ [Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit Stanet]

In dieser Variante besteht ein Wärmebedarf von insgesamt etwa 2.748 MWh/a (inkl. ca. 525 MWh/a Netzverluste), mit einer Heizlast von 863 kW.

4.3 Zusammenfassung der Auslegung

Nachfolgend sind die wichtigsten Auslegungsdaten der Versorgungsvarianten dargestellt.

Tabelle 4-1: Eckdaten Energieerzeugung der Varianten

Variante	V1	V2	Einheit
Vorlauftemperatur	90	70	°C
Rücklauftemperatur	70	50	°C
Gesamtwärmebedarf (inkl. Netzverluste)	4.027	2.748	MWh/a
Heizlast (mit Gleichzeitigkeitsfaktor)	1.265	863	kW
Wärmeleistung Biogasanlage	370	370	kW
Deckungsanteil Biogasanlage	65	84	%
Wärmeleistung Hackschnitzelkessel	2 x 500	2 x 250	kW
Deckungsanteil Hackschnitzelkessel	35	16	%
Pufferspeicher	120	80	m ³

⁷ Die Auslegung des Netzes ist im Anhang in einer größeren Darstellung verfügbar.

5 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Durch das Programm 'Bundesförderung für effiziente Wärmenetze' (BEW) der BAFA werden innovative Wärmenetzsysteme mit einem überwiegenden Anteil erneuerbarer Energien gefördert. Die Nutzung dieser Förderung ist für beide Varianten möglich, da sie alle Förderbedingungen erfüllen. Die Förderhöhe beträgt ca. 40% der förderfähigen Kosten (Wärmeverteilnetz, Erdwärmekollektoren, Eisspeicher, Abwasserwärmetauscher, Holzhackschnitzelkessel sowie anteilige Planungskosten) und wird in die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit einbezogen.

Die Merkblätter werden, Stand März 2024, unter folgendem Link veröffentlicht:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html

6 ERGEBNISSE

6.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt über eine Netto-Vollkostenrechnung für einen 20-jährigen Betriebszeitraum. Dabei wurden folgende Annahmen für die Berechnung getroffen:

- Biogas als Wärmeeinkauf zu 4 ct/kWh,
- Preis für Holzhackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35%: 96 €/t,
- Jährlicher Zinssatz von 4%,
- Stromkosten mit einem Durchschnittswert von 30 ct/kWh.

Vergleichsmethode

Für die Varianten werden die Investitionskosten, die Förderhöhe, die jährlichen Kosten (betriebsgebundene, bedarfsgebundene und sonstige Kosten, inkl. Verrechnung der Einnahmen aus Stromeinspeisung) und die kostendeckende Wärmepreise (Wärmegestehungskosten) ermittelt. Diese kostendeckenden Wärmepreise werden ermittelt, indem die Summe der jährlichen Kosten und der jährlichen Kapitalkosten durch den jährlichen Energiebedarf geteilt wird.

6.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die nachfolgenden Zahlen sind, für eine bessere Lesbarkeit, überwiegend gerundete Werte. Im Anhang ist eine Aufstellung der Investitionskosten zu finden. Alle Werte unterliegen einer gewissen Schätzungenauigkeit von mindestens +/- 10%.

In der Tabelle 6-1 sind die Höhe der Investitionen und die sich ergebenden jährlichen Kosten aufgeführt. Die jährlichen Kosten ergeben sich aus der Verrechnung aller Kosten in den nächsten 20 Jahren. Die entstehenden Gesamtkosten werden auf die Menge der Wärmebereitstellung bezogen, sodass ein kostendeckender Wärmepreis in €/MWh resultiert.

Tabelle 6-1: Investitions- & jährliche Kosten

Variante	V1	V2	Einheit
Investition vor Förderung	7.228	6.099	Tsd.€
Förderung	2.891	2.439	Tsd.€
Investition nach Förderung	4.337	3.660	Tsd.€
Jährliche Kosten	578	457	Tsd.€/a
Kostendeckender Wärmepreis	179	205	€/MWh

Zusätzlich werden in den anschließenden Abbildungen die Werte in Diagrammen präsentiert, um den Vergleich visuell darzustellen.

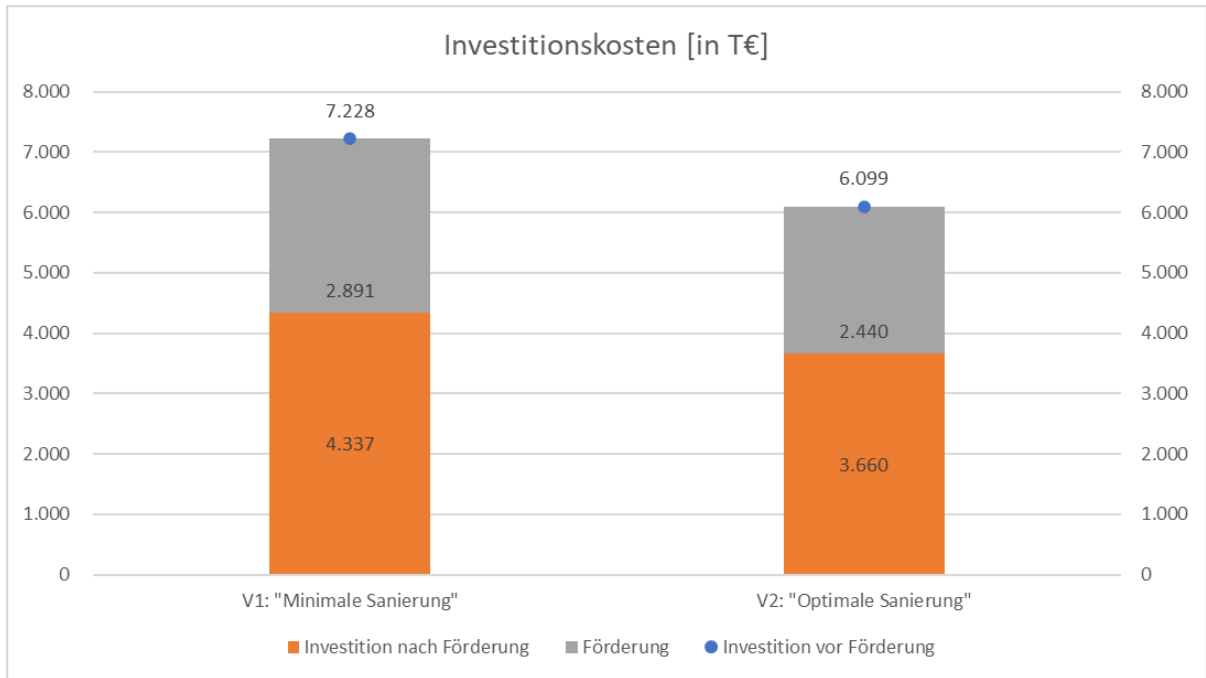


Abbildung 6-1: Vergleich der Investitionskosten beider Varianten [Quelle: eigene Darstellung]

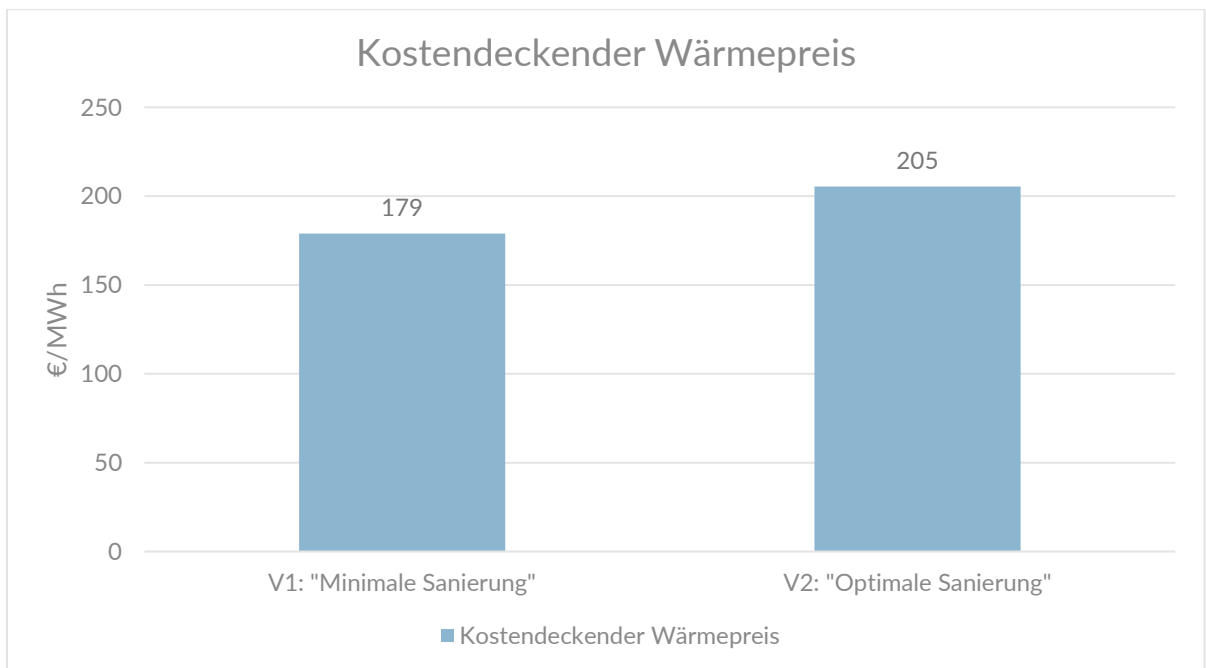


Abbildung 6-2: Vergleich des kostendeckendes Wärmepreises beider Varianten [Quelle: eigene Darstellung]

In der anschließenden Tabelle sind die jährlichen Kosten detailliert aufgeschlüsselt. Dabei sind die Werte in der Berechnung folgendermaßen zusammengefasst:

- Bedarfsgebundene Kosten: Kosten für Betriebsstoffe, insbesondere Strom, Erdgas, Biomethan u. ä.
- Betriebsgebundene Kosten: Instandhaltungskosten und Wartungskosten, Betriebskosten für Verteilnetze
- Sonstige Kosten: Versicherungskosten
- Kapitalgebundene Kosten

Tabelle 6-2: Jährliche Kosten

Variante	V1	V2	Einheit
Bedarfsgebundene Kosten	171	117	Tsd.€/a
Betriebsgebundene Kosten	68	54	Tsd.€/a
Sonstige Kosten	15	13	Tsd.€/a
Kapitalgebundene Kosten	324	273	Tsd.€/a
Jährliche Kosten	578	457	Tsd.€/a

Ein visueller Vergleich der Werte ist in der Abbildung 6-3 zu sehen.

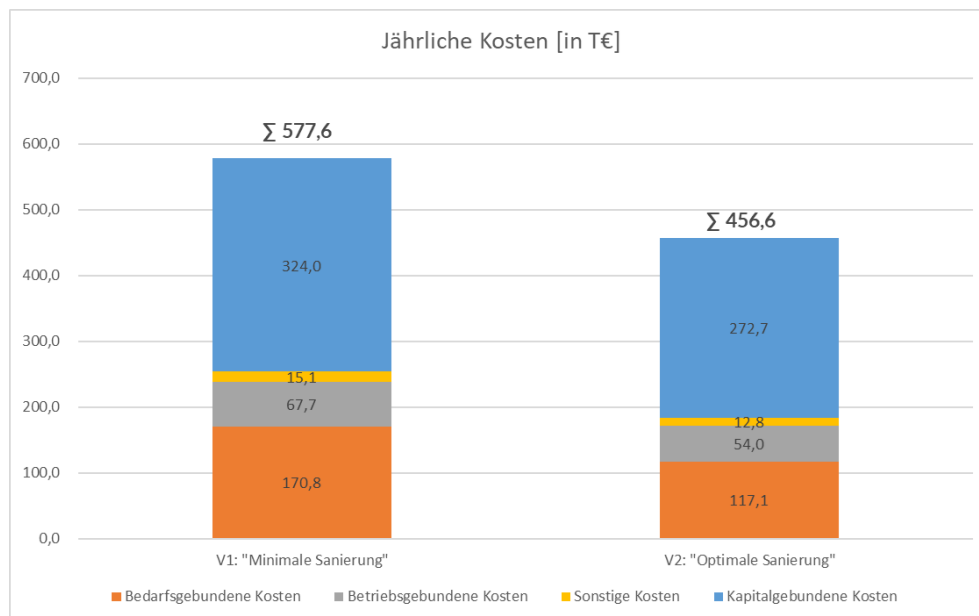


Abbildung 6-3: Vergleich der jährlichen Kosten beider Varianten [Quelle: eigene Darstellung]

6.3 CO₂-Emissionen

Unter dem Begriff CO₂-Emissionen sind nachfolgend immer CO₂-Äquivalente gemeint. Für die Betrachtung der CO₂-Emissionen werden die eingesetzten Primärenergien der Wärmeversorgung betrachtet. Die eingesetzte Primärenergie ist entsprechend der eingesetzten Primärenergie bei der Erzeugung des deutschen Strommix.

Die hier aufgeführten CO₂-Emissionen ergeben sich aus dem Strombedarf des Wärmenetzes (zum Beispiel der MSR-Technik sowie der Netzpumpe) sowie den verwendeten Rohstoffen für das Wärmenetz (Biogas und Holz). Zusätzlich resultiert eine CO₂-Gutschrift aus der Einspeisung von Strom in das Netz, falls PV-Anlagen verwendet werden.

Zur Berechnung wurden die Werte vom GEG (Gebäudeenergiegesetz), Paragraph 85, Absatz 6 verwendet, abweichend von den Werten wurde für den Strom ein Mittelwert für die kommenden 20 Jahren von 225 g/kWh berechnet. Für das Biogas wurde ein Wert von 70 g/kWh verwendet, anstelle der im GEG angegebenen 140 g/kWh. Diese Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei der Biogasanlage um ein Blockheizkraftwerk (BHKW) handelt, das neben der Wärmeerzeugung auch Strom produziert, der nicht ausschließlich für das Wärmenetz verwendet wird. In der Tabelle 6-3 ist eine Übersicht der für die Berechnung verwendeten CO₂-Emissionen dargestellt.

Tabelle 6-3: Übersicht der CO₂-Emissionen

	CO ₂ -Emissionen 2024 [g/kWh]	CO ₂ -Emissionen 2044 [g/kWh]	CO ₂ -Emissionen Durchschnitt [g/kWh]
Biogas	70	70	70
Holz	20	20	20
Strom (netzbezogen)	380	70	225

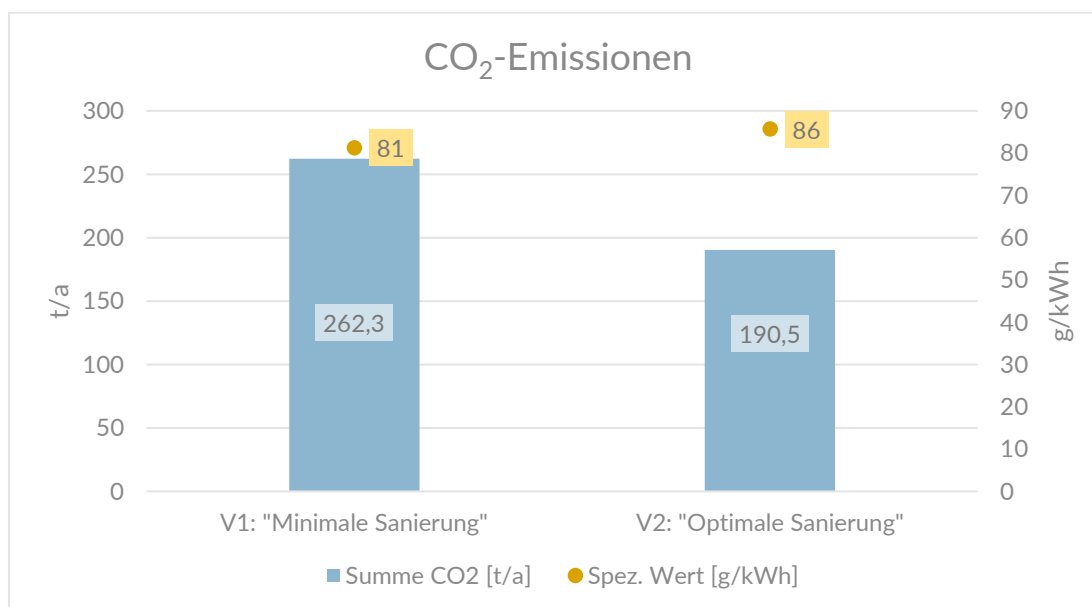


Abbildung 6-4: CO₂-Emissionen der Varianten

In der voranstehenden Abbildung (Abbildung 6-4) ist zu sehen, dass die geringsten CO₂-Emissionen in der Variante 2 erreicht werden, obwohl beide Varianten einen sehr ähnlichen spezifischen Wert der CO₂-Emissionen haben. Grund dafür ist, dass der Wärmebedarf in Variante 1 höher ist.

Zusätzlich kann bei der Installierung der im Abschnitt 3.3 beschriebenen PV-Anlagen (mit einem Ertrag von 129.700 kWh/a) eine CO₂-Emissionsgutschrift von ca. 111,5 t/a (Stand heute, mit einer CO₂-Emissionsgutschrift nach GEG-Anlage 9 von 860 g/kWh), was die CO₂-Emissionen Bilanz, je nach Variante, um fast 40% (Variante 1) oder 60% (Variante 2) reduzieren würde.

6.4 Primärenergieeinsatz

Der Primärenergiefaktor zeigt in etwa, wie viel Primärenergie zur Erzeugung der Endenergie notwendig ist. In der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 6-5) wird die nötige Primärenergie für beide Varianten und deren Primärenergiefaktor verglichen.

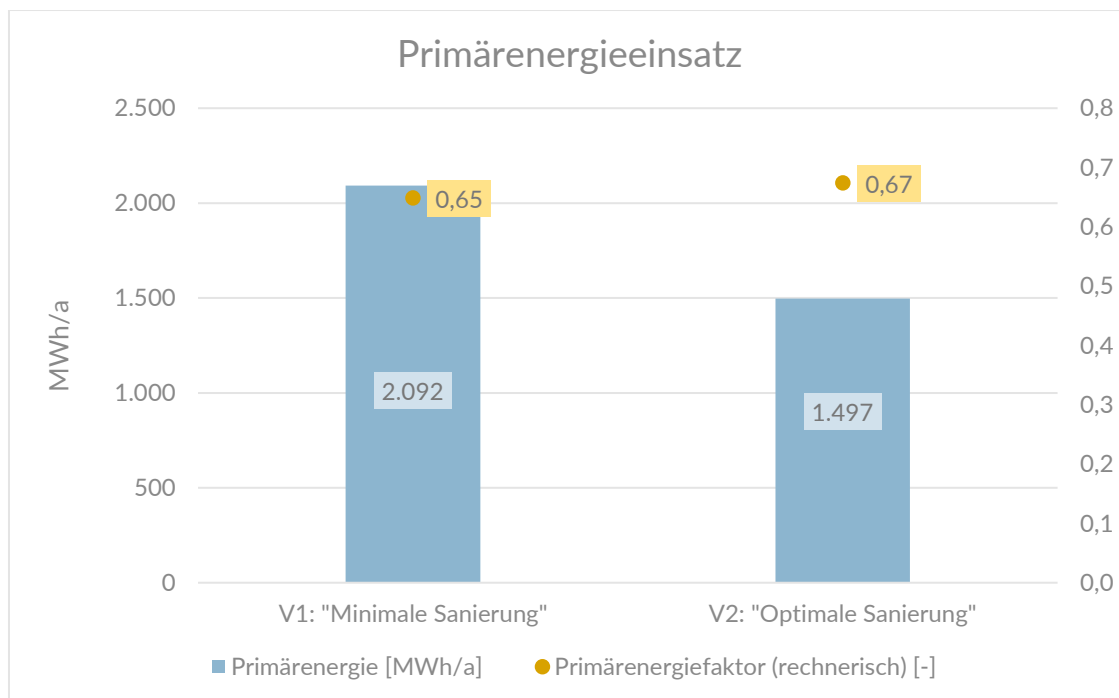


Abbildung 6-5: Primärenergieeinsatz der Varianten

Für die Berechnung der Primärenergiebedarfe wird mit folgenden Durchschnittswerten für die nächsten 20 Jahre gerechnet, basierend auf die vom GEG (Gebäudeenergiegesetz) angegebenen Werte im Paragraf 22, Absatz 1 für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Gebäuden. Abweichend vom Wert aus dem GEG ist der Primärenergiefaktor für den Strom, da der Wert aus dem GEG mit dem zu erwarteten Wert im Jahr 2044 berechnet wurde.

Tabelle 6-4: Übersicht der Primärenergiefaktoren

	Primärenergiefaktor 2024	Primärenergiefaktor 2044	Durchschnitt Primärenergiefaktor
Biogas	0,55 ⁸	0,55 ⁸	0,55 ⁸
Holz	0,2	0,2	0,2
Strom (netzbezogen)	1,8	0,4	1,1

In der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 6-5) können die Werte der Varianten verglichen werden.

Tabelle 6-5: Ergebnisse der Emissionsanalyse

Variante	V1	V2	Einheit
Summe CO ₂ -emissionen	262,3	190,5	t/a
Spez. Wert CO ₂ -emissionen	81	86	g/kWh
Primärenergie	2.092	1.497	MWh/a
Primärenergiefaktor	0,65	0,67	-

⁸ Da es sich bei der Biogasanlage um ein BHKW handelt, dass zusätzlich zur Wärme Strom erzeugt, der nicht im Wärmenetz verwendet wird, wurde der Primärenergiefaktor von 1,1 um 50% auf 0,55 reduziert.

6.5 Bewertung der Ergebnisse und Fazit

Die vorliegende Untersuchung verdeutlicht, dass optimale Sanierungsmaßnahmen einen bedeutenden Einfluss auf verschiedene Aspekte haben. Durch die Reduzierung des Wärmebedarfs bei gleichbleibender Anzahl an Anschlussnehmern können sowohl die absoluten Investitions- als auch die jährlichen Kosten gesenkt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass der Wärmepreis pro MWh bei einer verbesserten Sanierung tendenziell steigt. Dies liegt daran, dass die Investitionskosten prozentual nicht in gleichem Maße wie der Wärmebedarf reduziert werden. Ein Vergleich zwischen den Varianten zeigt, dass Variante 2 zwar nur 85% der Investitionskosten von Variante 1 aufweist, jedoch lediglich 68% des Wärmebedarfs.

Eine verbesserte Sanierung führt ebenfalls zu einer Reduzierung der absoluten CO₂-Emissionen und des Primärenergieeinsatzes, obwohl die spezifischen CO₂-Emissionen und die Primärenergiefaktoren bei beiden Varianten nahezu identische Werte aufweisen.

Des Weiteren zeigt die Integration von Photovoltaik eine vielversprechende Möglichkeit, die CO₂-Emissionen bilanziell stark zu verringern. Dies unterstreicht die Bedeutung erneuerbarer Energien für eine nachhaltige und umweltfreundliche Energieversorgung.

Die Biogasanlage schafft gute Voraussetzungen für ein Wärmenetz, indem sie eine zuverlässige und preiswerte Wärmequelle bietet und somit eine solide Grundlage für die Energieversorgung bildet. Zusätzlich ist zu beachten, dass sich der Wärmepreis mit zunehmender Anzahl von Nutzern im Wärmenetz verringert. Dementsprechend führt eine größere Teilnahme der Bevölkerung zu einem kosteneffizienteren Betrieb des Netzwerks, insbesondere in Verbindung mit einer Sanierung der Gebäude.

6.6 Nächste Schritte

Für die nächsten Schritte muss eine verbindliche Absprache darüber erfolgen, welche Wärmeabnehmer sich dem Wärmenetz anschließen möchten und welcher reale Wärmebedarf dadurch entsteht. Diese Absprache bildet die Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung des Wärmenetzes. Dabei werden verschiedene Faktoren berücksichtigt, wie individuelle Heizgewohnheiten und Energiebedürfnisse.

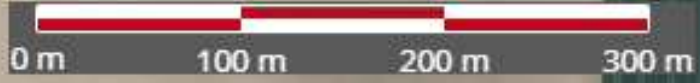
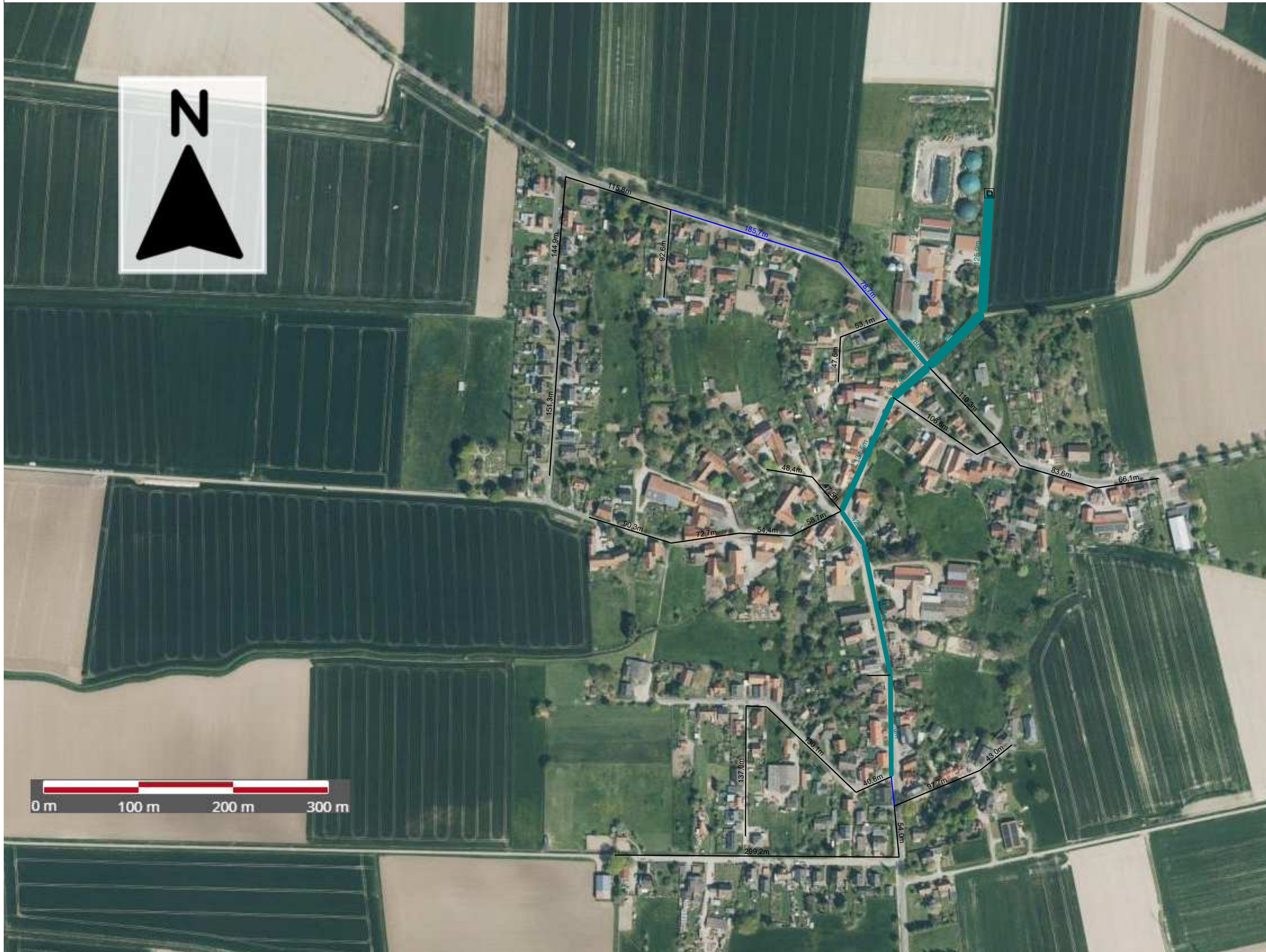
Nach der Entscheidung für die Errichtung eines Wärmenetzes erfolgt die Gründung eines Betreibers für das Wärmenetz, beispielsweise in Form einer Genossenschaft. Der Betreiber muss die Organisation, Verwaltung und den Betrieb des Wärmenetzes übernehmen, um eine kontinuierliche und zuverlässige Versorgung sicherzustellen.

7 ANHANG

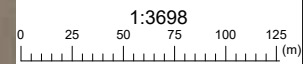
Auslegung Netz Variante 1

Auslegung Netz Variante 2

Investitionskosten



Netzbezeichnung:
 Netzmedium: F
 Beginnzeitpunkt der Rechnung: 0,00 HH:MM
 Vorherrschende Rauigkeit: 0,1000 mm
 Netzvolumen (Ende): 39,4 Nm3
 Bodentemperatur: 8,0 Celsius
 Lufttemperatur: -12,0 Celsius
 Mittlere Tagestemperatur: 9,0 Celsius
 Grenztemperatur: 16,0 Celsius
 Netzvolumen Anfang: 39,4 Nm3
 Netzvolumen-Diff.: 0,0 Nm3
 Netzvol.Diff Rel.: 0,00 %
 TASI Simulationsdauer: 24,00 HH:MM
 TASI Zwischenergebnisse abspeichern: J [J/N]
 Raumtemperatur: Celsius
 Aufheiz-Faktor: Kelvin/Wsec
 Auskühl-Zeit: Stunden



Leitungen:
Innendurchm.(mm) *

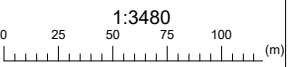
- _ 500,0
- _ [200,0 - 500,0[
- _ [100,0 - 200,0[
- _ [80,0 - 100,0[
- _ [53,9 - 80,0[

Durchfluss(t/h)

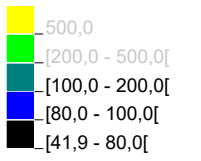
- [64,090 - 79,306[
- [48,873 - 64,090[
- [33,657 - 48,873[
- [18,440 - 33,657[
- [3,224 - 18,440[



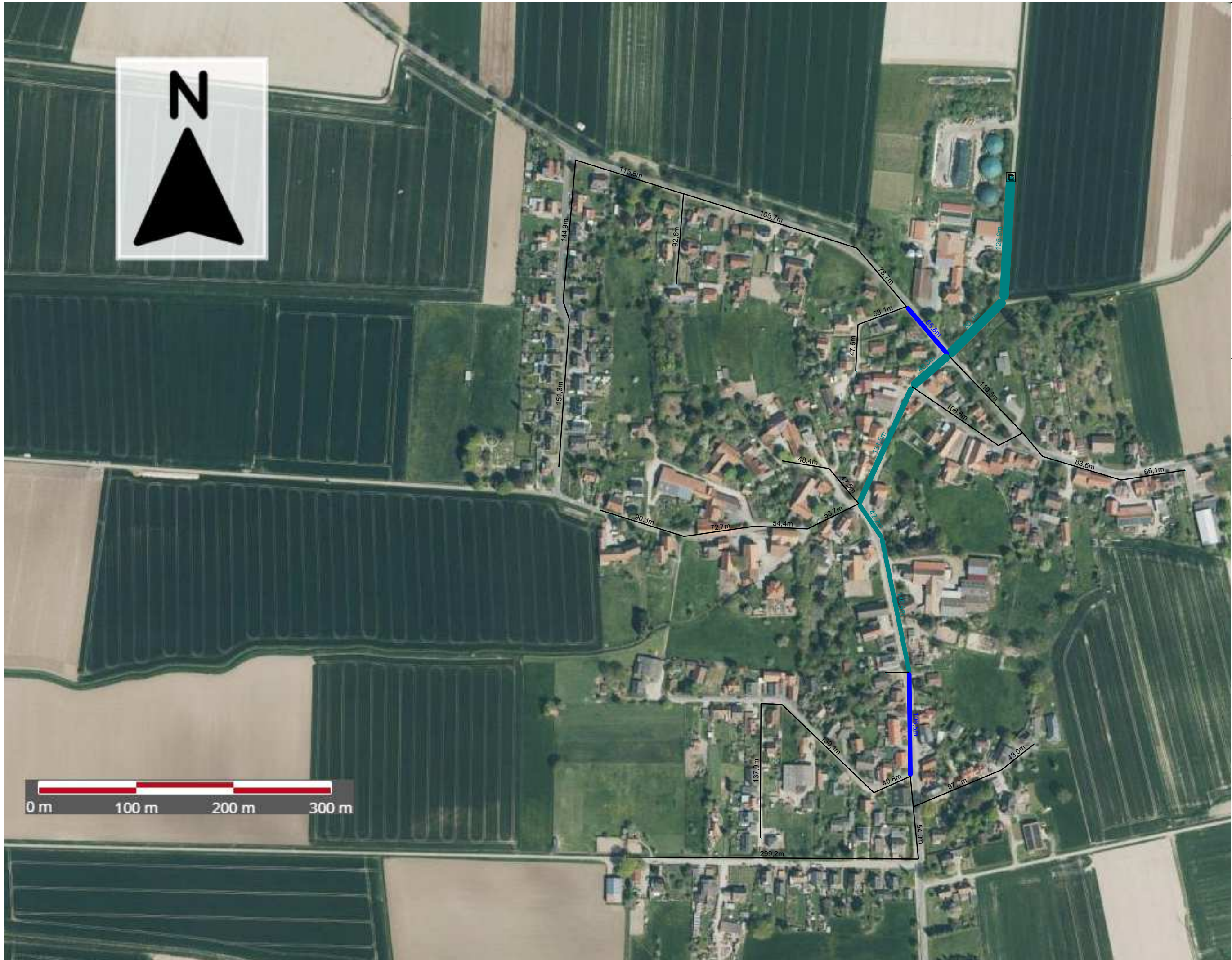
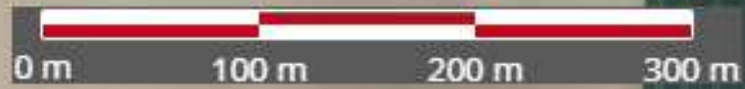
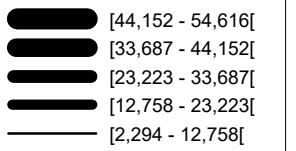
Netzbezeichnung:
Netzmedium: F
Beginnzeitpunkt der Rechnung: 0,00 HH:MM
Vorherrschende Rauigkeit: 0,1000 mm
Netzvolumen (Ende): 26,3 Nm3
Bodentemperatur: 8,0 Celsius
Lufttemperatur: -12,0 Celsius
Mittlere Tagestemperatur: 9,0 Celsius
Grenztemperatur: 16,0 Celsius
Netzvolumen Anfang: 26,3 Nm3
Netzvolumen-Diff.: 0,0 Nm3
Netzvolumen-Diff Rel.: 0,00 %
TASI Simulationsdauer: 24,00 HH:MM
TASI Zwischenergebnisse abspeichern: J [J/N]
Raumtemperatur: Celsius
Aufheiz-Faktor: Kelvin/Wsec
Auskühl-Zeit: Stunden



Leitungen:
Innendurchm.(mm) *



Durchfluss(t/h)



Investitionskosten

alle Preise netto zzgl. MwSt.

*Gerundete Werte

			Variante 1	Variante 2	
			minimale Sanierung	optimale Sanierung	
Investitionskapitalbedarf Gesamt			7.227.970 €	6.099.290 €	
3	0	0	Bauwerk - Baukonstruktion	325.000 €	260.000 €
4	0	0	Bauwerk - Technische Anlage	5.732.120 €	4.848.650 €
4	2	0	Wärmeversorgungsanlagen	5.712.120 €	4.828.650 €
4	2	1	Wärmeerzeugungsanlagen	344.130 €	196.480 €
4	2	2	Wärmeverteilnetze	5.062.590 €	4.374.000 €
4			Wärmeverteilung im Gebäude	44.550 €	44.550 €
4			Rohrnetz	3.653.460 €	3.026.380 €
4			Tiefbau	897.180 €	835.670 €
4			Übergabestationen	467.400 €	467.400 €
4	2	9	Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges	305.400 €	258.170 €
4			Wasseraufbereitung	1.050 €	720 €
4			Druckhaltung	31.800 €	21.600 €
4			Kaminanlagen	20.000 €	20.000 €
4			Pufferspeicher	140.400 €	103.900 €
4			Verteilung/ Pumpen/ Armaturen	52.200 €	52.000 €
4			Regelung/ Steuerung/ Schaltanlagen	39.950 €	39.950 €
4			Sicherheitseinrichtungen	10.000 €	10.000 €
4			Qualitätsicherung/ Dokumentation/ Inbetriebnahme	10.000 €	10.000 €
4	4	0	Starkstromanlagen	20.000 €	20.000 €
7	0	0	Baunebenkosten	1.170.850 €	990.640 €
7	1	0	Bauherrenaufgaben	60.570 €	51.090 €
7	3	0	Architekten- und Ingenieurleistung	969.140 €	817.380 €
7	7	0	Allgemeine Baunebenkosten	141.140 €	122.170 €