



Gemeindewerke Nottuln

Holzheizung mit Wärmeverbund

Entwurfsplanung

Bietigheim-Bissingen, Januar 2010



Entwurfsplanung

Holzheizung mit Wärmeverbund

Auftraggeber: Gemeindewerke Nottuln

Projektnummer: 09122

Bietigheim-Bissingen, 22.01.2010

Bearbeiter:



M. SC. Jens Greter



Dipl.-Ing. Wolfgang Schuler

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	5
2	Bestandsaufnahme Heizungsanlagen	7
2.1	Gymnasium	7
2.2	Kindergarten Magdalenen	9
2.3	Kindergarten Marien	10
2.4	Eltern-Kind-Gruppe	12
2.5	Jugendherberge	13
2.6	Martinus Grundschule	14
2.7	Geschwister-Scholl-Hauptschule.....	15
2.8	Hallenbad Sporthalle, DLRG, DRK, Wellness Point.....	16
2.9	Vereinsheim DJK-Grün Weiß	18
3	Konzeption und Energiebilanz.....	19
3.1	Wärmeverbrauch und Heizlast	19
3.2	Energie- und Brennstoffbilanz	22
3.3	Erweiterungsmöglichkeit Wärmeverbund	26
4	Technische Realisierung	27
4.1	Standort Heizzentrale Holzheizung	27
4.2	Holzheizung.....	28
4.3	Heizungstechnische Einbindung	34
4.4	Wärmeverbund.....	36
5	Investitionskosten.....	40
5.1	Holzheizung mit Wärmeverbund	40
5.2	Änderung Bundesimmissionsschutz-Verordnung.....	41
5.3	Erdgaskessel.....	41
5.4	Förderung.....	41
6	Wirtschaftlichkeit	43
6.1	Grundlagen	43
6.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	44
7	Umweltbilanz	50
8	Ausschreibung	52

1 Einleitung

In der vorliegenden Entwurfsplanung wird eine zentrale Wärmeversorgung der öffentlichen Gebäude im Bereich Hummelbach durch einen Wärmeverbund dargestellt. Die Wärmeerzeugung soll durch eine Heizzentrale mit Holzsnitzelheizung erfolgen. Die vorhandenen Blockheizkraftwerke und die Gasheizung in der Heizzentrale des Hallenbads werden hierbei als zusätzliche Wärmeerzeuger mit eingebunden.

Im Zuge der Tiefbauarbeiten für das Nahwärmenetz soll eine Stromleitung mit in die Gräben verlegt werden. Über den Stromverbund können die öffentlichen Gebäude mit Strom, das im Hallenbad durch die Blockheizkraftwerke erzeugt wird, versorgt werden.



Abb. 1: Luftbild Nottuln (Quelle: Google Earth 2009)

Folgende Liegenschaften sollen angeschlossen werden:

- Gymnasium mit Mehrzweckhalle
- Kindergarten Magdalenen
- Kindergarten Marien
- Eltern-Kind-Gruppe
- Jugendherberge
- Martinus Grundschule mit Pavillon
- Hallenbad, Sporthalle, Freibad, Wellness Point
- Geschwister-Scholl Hauptschule mit Musikpavillon
- Vereinsheim DJK Grün-Weiß

Im Einzelnen werden ermittelt:

- Grundlagen
- Konzeption und Energiebilanz
- technische Realisierung
- Investitionskosten
- Energie- und Emissionsbilanz

2 Bestandsaufnahme Heizungsanlagen

Im Folgenden sind die derzeitigen Wärmeerzeugungsanlagen und Heizungssysteme der einzelnen Gebäude dargestellt.

2.1 Gymnasium

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Pavillons 1, 2	Erdgaskessel	Remeha	61 kW	1992
Pavillon 3	Erdgaskessel	Remeha	51 kW	1992
Pavillons 4, 5	Erdgaskessel	Remeha	71 kW	1992
Pavillons 6, 7	Erdgaskessel	Remeha	71 kW	1992
Pavillons 8, 9	Erdgaskessel	Remeha	71 kW	1992
Mehrzweckhalle	Erdgaskessel	Remeha	337 kW	1993
Summe			662 kW	

Pavillons 1 - 9

Heizungssystem

Die Klassenräume werden durch Heizkörper über Einzelraumregelung mit Zonenventile beheizt. Die Heizkörper der einzelnen Klassenräume sind über eine Ringleitung an den Wärmeerzeuger angeschlossen.

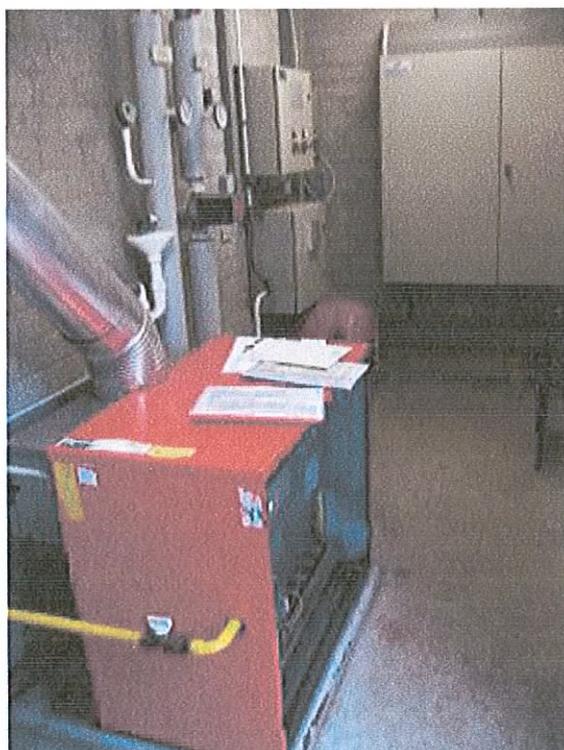


Abb. 2: Heizkessel Pavillon

Heizkreispumpen

In allen Pavillons ist der gleiche Heizkreispumpentyp installiert.

Heizkreispumpe: Biral NRB 15 T-2 manuelle 3-Stufen-Drehzahlregelung

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung der Pavillons erfolgt elektrisch.

Mehrzweckhalle mit MensaHeizungssystem

Die Mehrzweckhalle wird durch Lüftungsanlagen und Heizkörper beheizt. Vom Heizkreishauptstrang zweigen einzelne Unterstränge zu den jeweiligen Heizflächen und den raumlufttechnischen Geräten ab. Teilweise besitzen die Heizkreisunterstränge keine eigenen Heizkreispumpen.

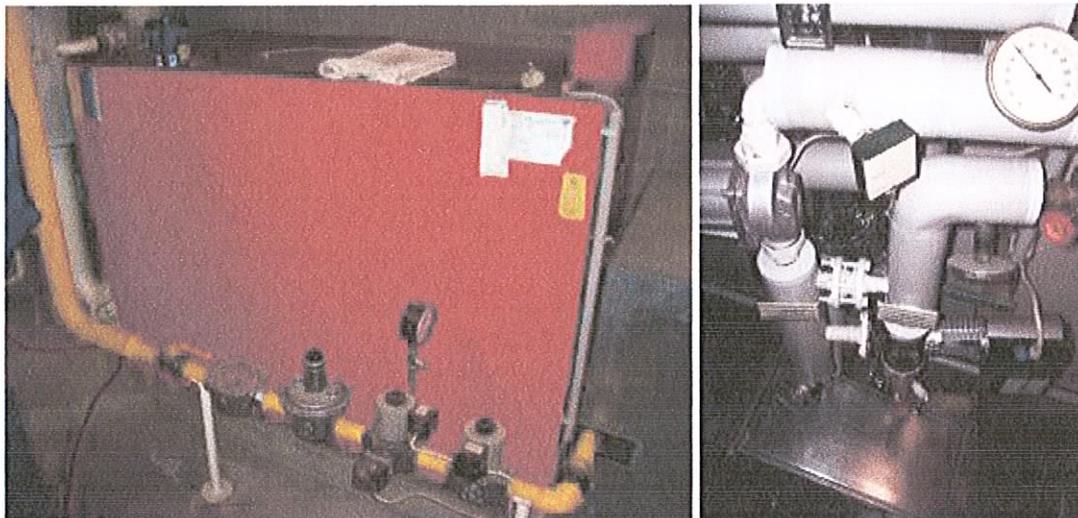


Abb. 3: Heizkessel und Heizungsverteilung Mehrzweckhalle

Heizkreise

1. Heizkreis: Hauptstrang
- 1.1 Heizkreis: Brauchwarmwasser
- 1.2 Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Umkleiden, Duschräume
- 1.3 Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Umkleiden, Duschräume
- 1.4 Heizkreis: Heizkörper Stuhllager, Bewirtung
- 1.5 Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Mensa
- 1.6 Heizkreis: Lüftungsanlage: Mensa, Küche
- 1.7 Heizkreis: Heizkörper L-Zentrale
- 1.8 Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Halle 1
- 1.9 Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Forum
- 1.10 Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Garderobe

- 1.11 Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Halle 2
- 1.12 Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Halle 3
- 1.13 Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Außenluftanlage
- 1.14 Heizkreis: Heizkörper L-Zentrale

Heizkreispumpen

- 1. Heizkreis: Biral L 805 manuelle 2-Stufen Drehzahlregelung
- 1.1 Heizkreis: Biral NRB 14 1-2 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
- 1.2 Heizkreis: Biral
- 1.3 Heizkreis: Biral NRB 12 T1 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
- 1.5 Heizkreis: Biral NRB T-1 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
- 1.9 Heizkreis: Biral NRB 13 T-2 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
- 1.10 Heizkreis: Biral NRB 12 T-1 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
- 1.13 Heizkreis: Biral L 402 DS manuelle 2-Stufen Drehzahlregelung

2.2 Kindergarten Magdalenen

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Kindergarten EG	Erdgastherme	Junkers	11 kW	1992
Kindergarten EG	Erdgastherme	Junkers	11 kW	1992
Kindergarten EG	Erdgastherme	Junkers	24 kW	1992
Kindergarten OG	Erdgastherme	Junkers	11 kW	1992
Kindergarten OG	Erdgastherme	Junkers	11 kW	1992
Summe			68 kW	

Heizungssystem

Der nördliche Gebäudetrakt des Kindergartens wird über Heizkörper durch die drei Erdgas-thermen im EG beheizt. Die beiden Südflügel werden durch zwei Erdgas-thermen, die sich im jeweiligen Dachstuhl des OG befinden, beheizt. Jeder Heizkreis wird separat über eine Gas-therme versorgt. Bei einem Anschluss an den Wärmeverbund müssen die einzelnen Heizkreise der Gasthermen zu einem Heizkreis zusammengeschlossen werden.



Abb. 4: Gasthermen Kindergarten

Heizkreise

1. Heizkreis: Brauchwarmwasser
2. – 6. Heizkreis: Heizkörper

Heizkreispumpe

Die Heizkreisumpen sind in den Gasthermen integriert.

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung des Kindergartens erfolgt über die Gastherme.

Inhalt Warmwasserspeicher: 180 l

2.3 Kindergarten Marien

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Kindergarten EG	Erdgaskessel	Viessmann Condensola	33 kW	1986

Heizungssystem

Der Kindergarten wird durch Heizkörper beheizt.



Abb. 5: Gaskessel und Heizungsverteilung Kindergarten

Heizkreise

1. Heizkreis: Brauchwarmwasserbereitung
2. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper
3. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper

Heizkreispumpen

1. Heizkreis: Grundfos UPS 32-55 180 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
2. Heizkreis: Grundfos UPE 25-60 180 elektronisch drehzahl geregelt
3. Heizkreis: Grundfos UPE 25-60 180 elektronisch drehzahl geregelt

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung des Kindergartens erfolgt über den Erdgaskessel.

Inhalt Warmwasserspeicher: 200 l

2.4 Eltern-Kind-Gruppe

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Kindergarten EG	Gastherme	Brötje	23 kW	2007



Abb. 6: Gastherme Eltern-Kind-Gruppe

Heizungssystem

Der Kindergarten wird durch Heizkörper beheizt.

Heizkreise

1. Heizkreis: Brauchwarmwasserbereitung
2. Heizkreis: Heizkörper

Heizkreispumpen

1. Heizkreis: Grundfos UPS 15-50 SO 130 180 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
2. Heizkreis: Grundfos Typ Alpha 15 – 60 130 P elektronisch drehzahl geregelt

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung des Kindergartens erfolgt über die Erdgastherme.

Inhalt Warmwasserspeicher: 100 l

2.5 Jugendherberge

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Jugendherberge UG	Erdgaskessel	Buderus Lollar	105 kW	Kessel 1978 Brenner 1996
Jugendherberge UG	Erdgaskessel	Buderus Lollar	215 kW	Kessel 1978 Brenner 1996
Summe			320 kW	

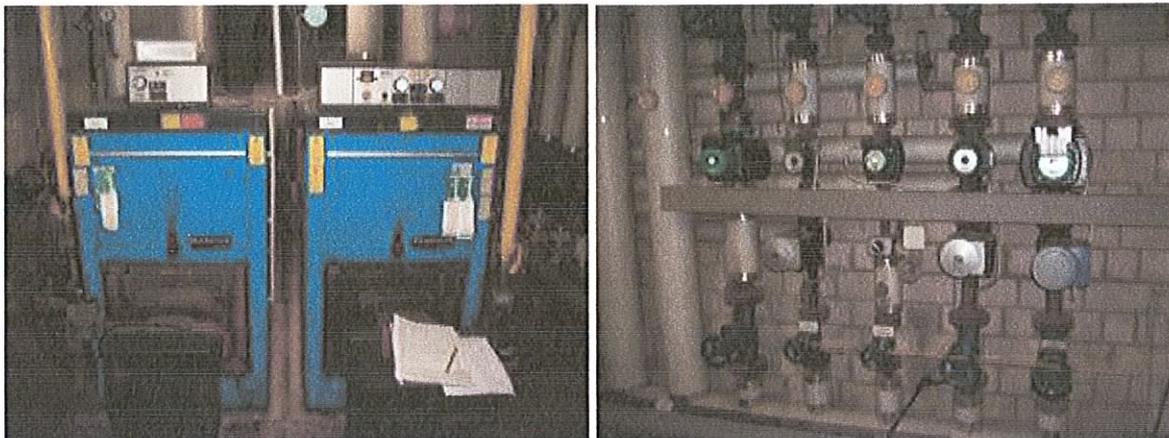


Abb. 7: Gaskessel und Heizungsverteilung Jugendherberge

Heizungssystem

Die Jugendherberge wird durch Heizkörper beheizt.

1. Heizkreis: Brauchwarmwasserbereitung
2. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Herbergseltern
3. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Wirtschaftsräume
4. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Unterkünfte
5. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Aufenthaltsräume

Heizkreispumpen

1. Heizkreis: Wilo Top S 50/4 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
2. Heizkreis: Wilo Star E 25 /1-3 elektronisch drehzahl geregelt
3. Heizkreis: Wilo Star RS 30 manuelle 3-Stufen-Drehzahlregelung
4. Heizkreis: Wilo Star RS 50 manuelle 3-Stufen-Drehzahlregelung
5. Heizkreis: Wilo Top E 50/1-6 elektronisch drehzahl geregelt

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung der Jugendherberge erfolgt über die Erdgaskessel

Inhalt Warmwasserspeicher: 4 x 500 l = 2.000 l

2.6 Martinus Grundschule

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Grundschule UG	Erdgaskessel	Viessmann	116 kW	1981
Grundschule UG	Erdgaskessel	Viessmann	116 kW	1981
Pavillon Musiksaal	Gastherme	Sieger HG	24 kW	1981
Summe			256 kW	

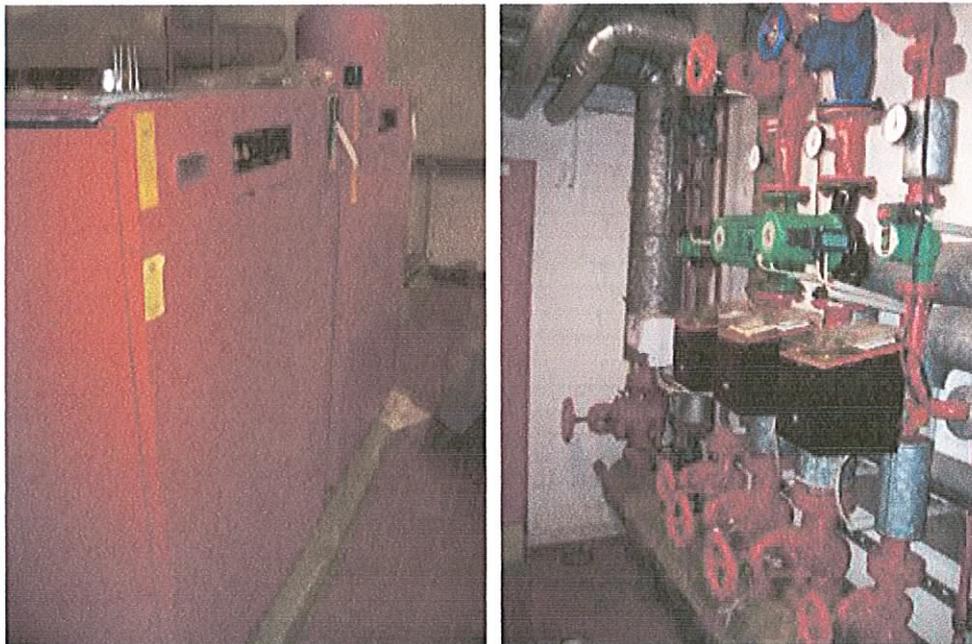


Abb. 8: Gaskessel und Heizungsverteilung Grundschule

Heizungssystem

Die Grundschule wird durch Deckenheizregister und Heizkörper beheizt.

Heizkreise

1. Heizkreis: Deckenheizregister Bauabschnitt
2. Heizkreis mit automatischem Mischer: Deckenheizregister Nord-West
3. Heizkreis mit automatischem Mischer: Deckenheizregister Süd-Ost
4. Heizkreis mit automatischem Mischer: Deckenheizregister Verwaltung
5. Heizkreis mit manuellem Mischer: Heizkörper

Heizkreisumpen

1. Heizkreis: Wilo Star E 30/1-5 elektronisch drehzahl geregelt
2. Heizkreis: Wilo P 50 / 125 r manuelle 4-Stufen-Drehzahlregelung

3. Heizkreis: Wilo P 50 / 125 r manuelle 4-Stufen-Drehzahlregelung
4. Heizkreis: Wilo Star RS 30/4 manuelle 3-Stufen-Drehzahlregelung
5. Heizkreis: Wilo Star RS 25/6 manuelle 3-Stufen-Drehzahlschaltung

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung der Grundschule erfolgt elektrisch.

2.7 Geschwister-Scholl-Hauptschule

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Hauptschule UG	Erdgaskessel	Viessmann	116 kW	1981
Hauptschule UG	Erdgaskessel	Viessmann	116 kW	1981
Nebengebäude	Gastherme	Buderus Ecomatic UMB	27 kW	2000
Summe			259 kW	



Abb. 9: Gaskessel und Heizungsverteilung Hauptschule

Heizungssystem Hauptschule und Nebengebäude

Die Hauptschule und das Nebengebäude werden durch Heizkörper beheizt.

Heizkreise Hauptschule

1. Heizkreis mit Mischventil: Fußbodenheizung (nicht in Betrieb)
2. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Süd-West
3. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Flure und Innenräume
4. Heizkreis mit Mischventil: Heizkörper Nord-Ost

Heizkreise Nebengebäude

1. Heizkreis: Heizkörper Nebengebäude

Heizkreispumpen Hauptschule

1. Heizkreis: Wilo Top E 40/1-5 elektronisch drehzahl geregelt
2. Heizkreis: Wilo Top E 50/1-7 elektronisch drehzahl geregelt
3. Heizkreis: Wilo Top E 50/1-7 elektronisch drehzahl geregelt
4. Heizkreis: Wilo Top E 50/1-7 elektronisch drehzahl geregelt

Heizkreispumpen Nebengebäude

1. Heizkreis: Wilo Star RS 30/6 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung der Hauptschule und des Nebengebäudes erfolgt elektrisch.

2.8 Hallenbad Sporthalle, DLRG, DRK, Wellness Point

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Hallenbad EG	BHKW 1	Comuna Metall	50 kW el. 110 kW th.	1996
Hallenbad EG	BHKW 2	Comuna Metall	50 kW el. 110 kW th.	2006
Hallenbad EG	Erdgaskessel	Fröling	750 kW	1996
Summe			100 kW el. 970 kW th.	

Heizzentrale Hallenbad

Die Heizzentrale im Hallenbad beheizt über zwei Blockheizkraftwerke und einen Erdgaskessel Hallenbad, DRK, DLRG und Sporthalle. Über eine Wärmeleitung wird der benachbarte Wellness Point mit Wärme versorgt. Derzeit wird eine weitere Wärmeleitung zum Freibad verlegt.

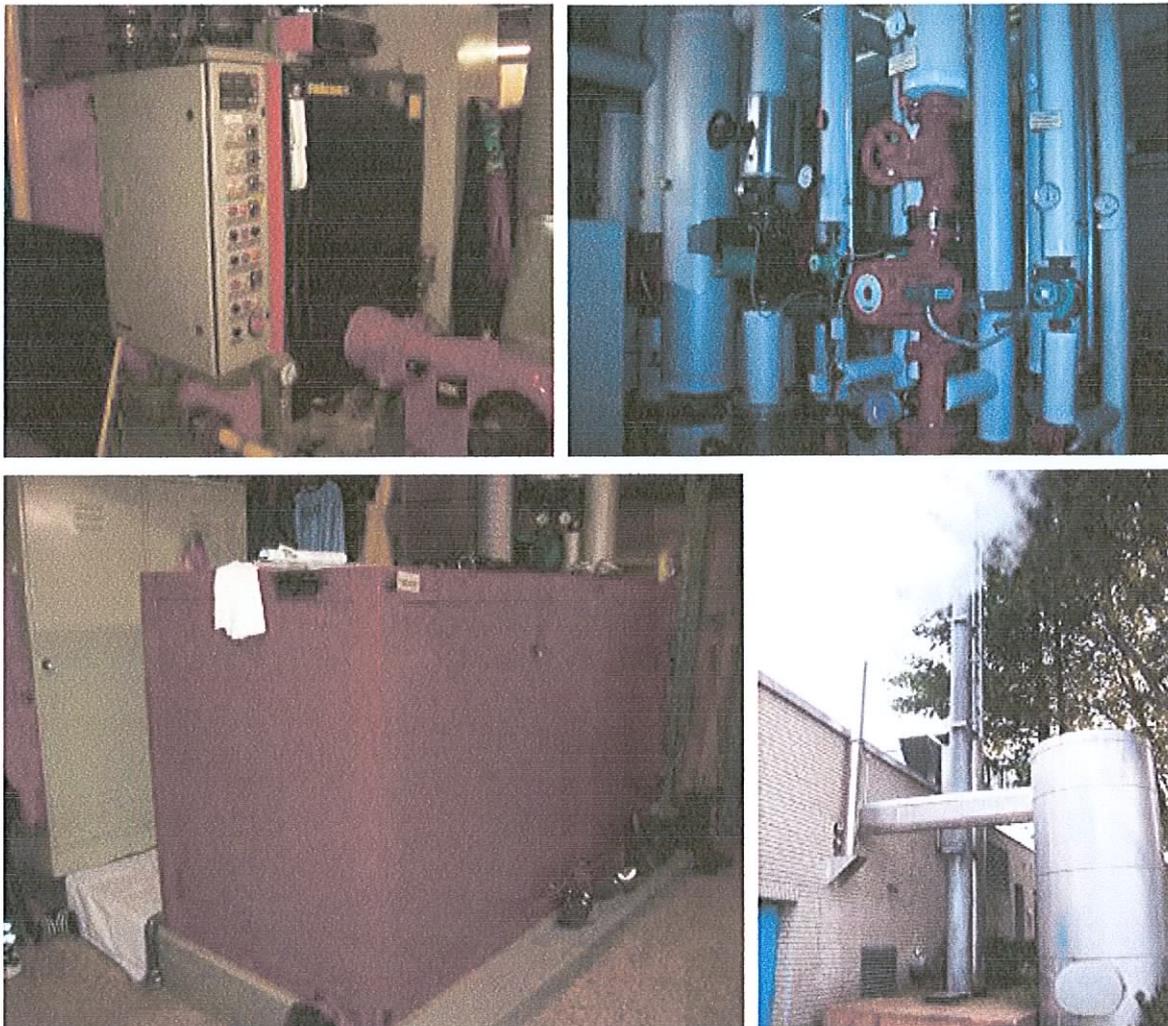


Abb. 10: Heizzentrale Hallenbad mit Gaskessel, Heizungsverteilung, BHKW und Pufferspeicher

Heizkreise Heizzentrale Hallenbad

1. Heizkreis: Wellenbad / Sporthalle / DLRG / DRK
2. Heizkreis: Brauchwarmwasserbereitung
3. Heizkreis: Wellness Point
4. Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Umkleide
5. Heizkreis mit Mischventil: Lüftungsanlage Schwimmhalle
6. Heizkreis: Wärmetauscher Beckenwasser Hallenbad
7. Heizkreis mit manueller Mischer: Wärmebänke Heizkörper

Heizkreispumpen Heizzentrale Hallenbad

1. Heizkreis: Grundfos Doppelpumpe UMC 80-60
2. Heizkreis: Grundfos UPS 65-120 F06 elektrische 3-Stufen Drehzahlregelung
3. Heizkreis: Wilo Top E 65/1-10 stufenlos geregelt
4. Heizkreis: Wilo Star RS 25/6 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung
5. Heizkreis: Wilo Top S 40/4 manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung

6. Heizkreis: Wilo P 65/125 r T18 manuelle 4-Stufen-Drehzahlregelung

7. Heizkreis: Wilo RS 25/70 r manuelle 3-Stufen Drehzahlregelung

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung im Hallenbad erfolgt über die Wärmeerzeuger.

Inhalt Warmwasserspeicher: 1.000 l + 200 l = 1.200 l

Stromverbund

Hallenbad, DRK, DLRG, Sporthalle, Freibad und Wellness Point sind durch einen Stromverbund an die Blockheizkraftwerke angeschlossen.

2.9 Vereinsheim DJK-Grün Weiß

Heizzentrale	Wärmeerzeuger	Hersteller	Leistung	Baujahr
Vereinsheim EG	Gastherme		24 kW	1987
Vereinsheim EG	Gastherme		24 kW	1987
Vereinsheim EG	Gastherme		24 kW	1987
Vereinsheim EG	Gastherme		11 kW	1987
Summe			83kW	

Die Wärmeerzeuger der Heizungsanlage sollen auf Grund ihres hohen Alters und technischer Probleme nach Aussagen der Gemeindewerke in diesem Jahr ausgetauscht werden.

Die Brauchwarmwasserbereitung erfolgt durch die Gasthermen über zwei Warmwasserspeicher.

3 Konzeption und Energiebilanz

3.1 Wärmeverbrauch und Heizlast

Wärmeverbrauch

Die Wärmeverbräuche der Gebäude sind dem Gutachten „Energiekonzept Wärmeverbund Hummelbach“(Ages-GmbH) entnommen und wurden anhand der mittleren witterungsbereinigten Erdgasverbräuche aus den Jahren 2004 bis 2008 bzw. direkt durch die Wärmemengenzähler ermittelt. Die Wärmeverbräuche für die beiden Kindergärten wurden über die beheizten Nutzflächen berechnet.

Der Wärmeverbrauch des jeweiligen Gebäudes berechnet sich, indem man den heizwertbezogenen Gasverbrauch (Hi) mit dem Jahresnutzungsgrad des Wärmeerzeugers multipliziert.

Wärmeverbrauch (2004 - 2008)	Gasverbrauch Hi [kWh/a]	Jahres nutzungsgrad	Wärmeverbrauch [kWh/a]	VBZ [h/a]	Heizlast [kW]
Martinus Grundschule	341.000	85%	290.000	1.300	220
Martinus Grundschule- Pavillon	22.000	85%	19.000	1.300	15
Geschwister-Scholl Hauptschule	317.000	85%	269.000	1.400	190
Musikpavillon	42.000	85%	36.000	1.400	25
Gymn. Pavillon 1/2	106.000	85%	90.000	1.500	60
Gymn. Pavillon 3	73.000	85%	62.000	1.500	40
Gymn. Pavillon 4/5	98.000	85%	83.000	1.500	55
Gymn. Pavillon 6/7	118.000	85%	100.000	1.500	70
Gymn. Pavillon 8/9	122.000	85%	104.000	1.500	70
Gymn. Mehrzweckhalle	333.000	85%	283.000	1.200	240
Sporthalle	258.000	100%	258.000	1.200	215
Hallenbad	1.054.000	100%	1.054.000	2.600	410
Freibad	1.001.000	100%	1.001.000	2.400	420
DLRG/DRK	54.000	100%	54.000	1.400	40
Sportpark	250.000	100%	250.000	1.400	180
Jugendherberge	399.000	85%	339.000	1.800	190
Kindergarten Marien	69.000	85%	59.000	1.700	35
Kindergarten Magdalenen	78.000	85%	66.000	1.700	40
Eltern-Kind-Gruppe	36.000	90%	32.000	1.700	20
Vereinsheim	100.000	85%	85.000	1.600	55
Summe	4.771.000 rd. 4.770.000		4.534.000 rd. 4.530.000		2.590

Addiert man die Wärmeverluste des Wärmeverbunds (1.260 Trassenmeter) zum Wärmeverbrauch der Gebäude, so ergibt sich folgender Gesamtwärmeverbrauch:

Wärmeverbrauch Gebäude	4.530.000 kWh/a
Wärmeverlust Wärmeverbund (1.260 Trm)	220.000 kWh/a
Summe	4.750.000 kWh/a

Heizlast

Die Heizlast wurde anhand gebäudetypischer Vollbenutzungsstunden (VBZ) ermittelt. Die Heizlast je Gebäude ergibt sich, indem der Wärmeverbrauch des Gebäudes durch die entsprechende Vollbenutzungsstundenanzahl dividiert wird.

Da die Heizlast des Freibads nur in den Sommermonaten (Mai bis August) auftritt, wird sie von der Gesamtheizlast subtrahiert.

$$2.590 \text{ kW} - 420 \text{ kW} = 2.170 \text{ kW}$$

Bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,85 ergibt sich folgende Gebäudeheizlast.

$$2.170 \text{ kW} \times 0,85 = \text{rd. } 1.845 \text{ kW}$$

Heizlast Gebäude	1.845 kW
Heizlast Wärmeverbund (1.260 m)	25 kW
Summe	1.870 kW

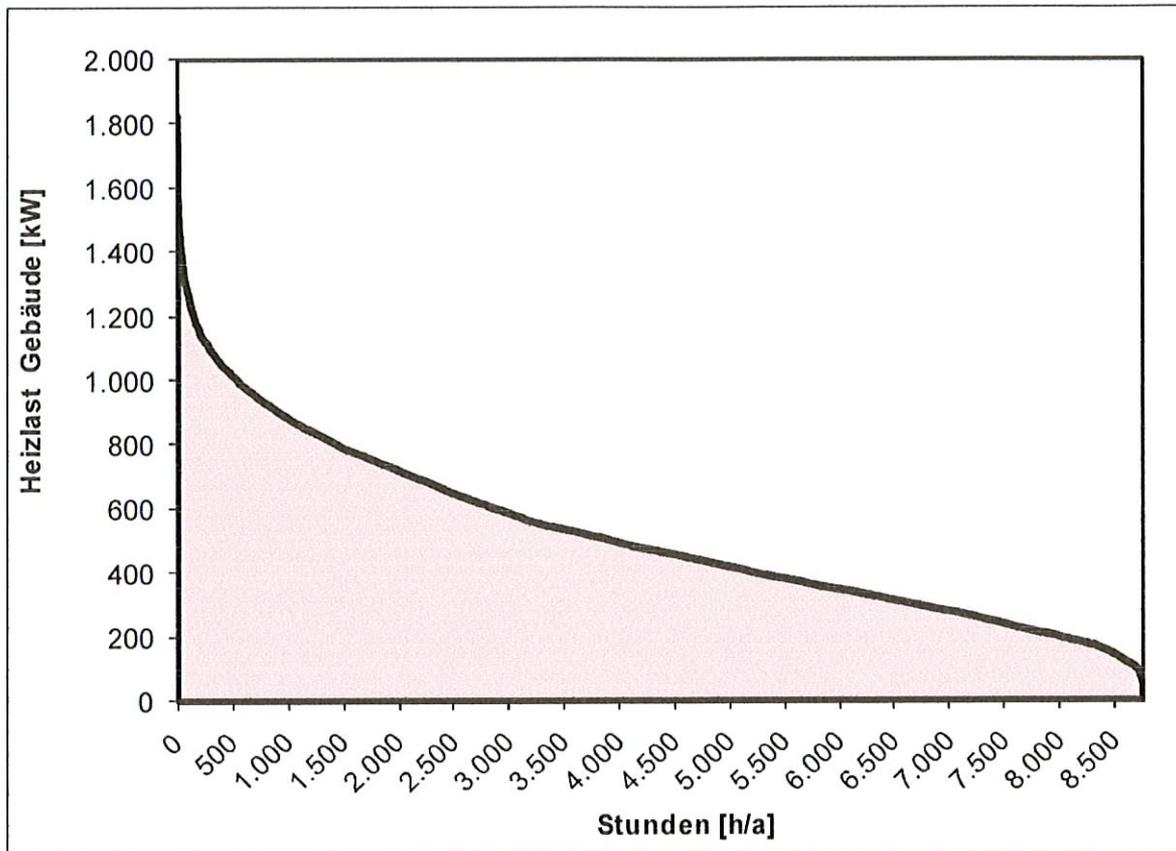


Abb. 11: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs der Liegenschaften inkl. Netzverluste

3.2 Energie- und Brennstoffbilanz

Im Folgenden sind die Energie- und Brennstoffbilanzen dargestellt. Es werden zwei verschiedene Betriebsweisen der Wärmeerzeuger Holzkessel und BHKW dargestellt.

Heizleistung Wärmeerzeuger

Holzkessel	800 kW
BHKW 1	110 kW
BHKW 2	110 kW
Erdgaskessel	750 kW
Summe	1.770 kW

Pufferspeicher

Um die Laufzeiten des Holzkessels zu optimieren, einen Taktbetrieb zu vermeiden sowie Lastspitzen und -wechsel auszugleichen, ist die Errichtung eines Pufferspeichers vorgesehen. Dieser wird über das Pufferspeichermanagement des Kessels bedarfsabhängig ge- bzw. entladen.

Variante 1: Abschaltung Holzkessel im Sommer

Die folgende Jahresdauerlinie zeigt den Wärmebedarf der Liegenschaften mit den Deckungsanteilen BHKW, Holzkessel und Erdgaskessel an der Wärmeerzeugung.

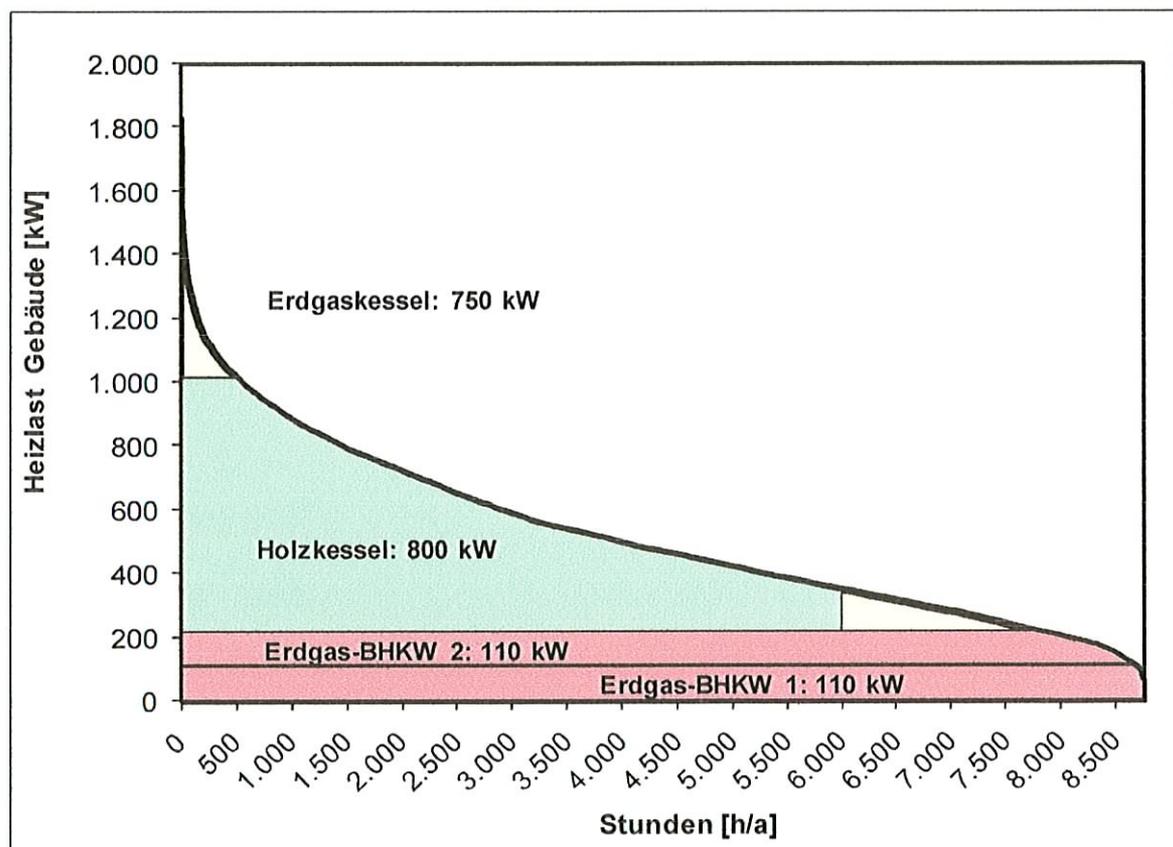


Abb. 12: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs der Liegenschaften inkl. Wärmeverluste des Nahwärmenetzes mit Deckungsanteilen der Wärmeerzeuger.

Um einen längerfristigen Betrieb des Holzkessels im Gluterhalt während der Sommermonate zu vermeiden, wird der Kessel bei einer Unterschreitung des Wärmebedarfs unter 20 % bezogen auf die Nennwärmeleistung des Kessels abgeschaltet. Die Erdgas-Blockheizkraftwerke und der Erdgaskessel übernehmen während diesem Zeitraum die Wärmeversorgung.

Wärmeerzeugung

Holzkessel	2.650.000 kWh/a	bzw.	56 % Deckungsanteil
BHKW 1	960.000 kWh/a	bzw.	20 % Deckungsanteil
BHKW 2	840.000 kWh/a	bzw.	18 % Deckungsanteil
Erdgaskessel	300.000 kWh/a	bzw.	6 % Deckungsanteil
Summe	4.750.000 kWh/a	bzw.	100 % Deckungsanteil

Stromerzeugung

BHKW 1	8.727 h/a	x	50 kW	=	436.000 kWh/a
BHKW 2	7.636 h/a	x	50 kW	=	382.000 kWh/a
Summe					818.000 kWh/a

Brennstoffbilanz

Brennstoffverbrauch

Holzkessel	2.650.000 kWh/a	:	80 %	=	3.313.000 kWh/a
	3.313.000 kWh/a	:	700 kWh/srm	=	4.733 srm/a
					bzw.
					1.515 t/a

Erdgasverbrauch

BHKW 1	960.000 kWh/a	:	110 kW	=	8.727 h/a
	8.727 h/a	x	188 kW Hs	=	1.641.000 kWh/a Hs
BHKW 2	840.000 kWh/a	:	110 kW	=	7.636 h/a
	7.636 h/a	x	188 kW Hs	=	1.436.000 kWh/a Hs
Gaskessel	300.000 kWh/a	:	88 %	=	341.000 kWh/a
	341.000 kWh/a	x	1,1 Hs/Hi	=	375.000 kWh/a Hs

Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

Die folgende Jahresdauerlinie zeigt den Wärmebedarf der Liegenschaften mit den Deckungsanteilen BHKW, Holzkessel und Erdgaskessel an der Wärmeerzeugung.

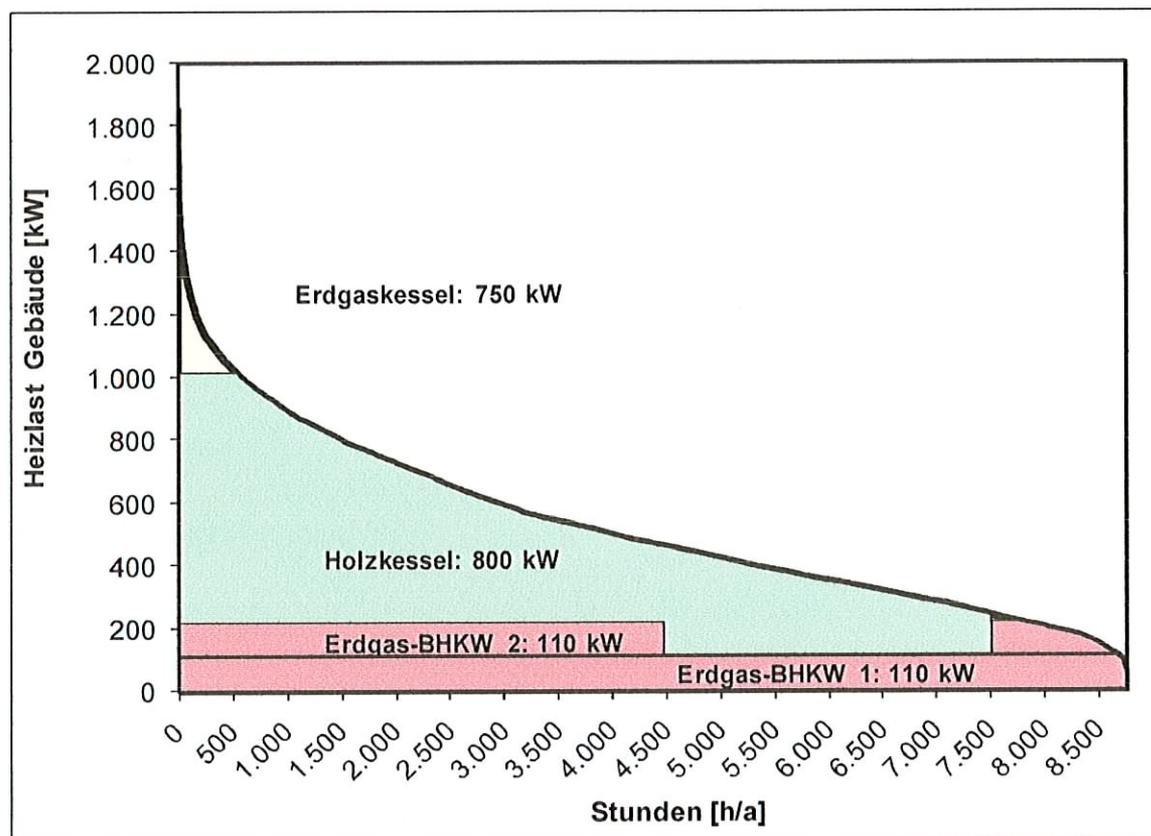


Abb. 13: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs der Liegenschaften inkl. Wärmeverluste des Nahwärmenetzes mit Deckungsanteilen der Wärmeerzeuger.

Um eine Laufzeitverlängerung sowie eine Betriebsoptimierung des Holzkessels während der Sommermonate zu erreichen, wird das BHKW 2 in den Nachtstunden und bei geringem Stromverbrauch der Gebäude während der Tagzeit abgeschaltet.

Wärmeerzeugung

Holzkessel	3.050.000 kWh/a	bzw.	65 % Deckungsanteil
BHKW 1	960.000 kWh/a	bzw.	20 % Deckungsanteil
BHKW 2	540.000 kWh/a	bzw.	11 % Deckungsanteil
Erdgaskessel	200.000 kWh/a	bzw.	4 % Deckungsanteil
Summe	4.750.000 kWh/a	bzw.	100 % Deckungsanteil

Stromerzeugung

BHKW 1	8.727 h/a	x	50 kW	=	436.000 kWh/a
BHKW 2	4.909 h/a	x	50 kW	=	245.000 kWh/a
Summe					681.000 kWh/a

BrennstoffbilanzBrennstoffverbrauch

Holzkessel	3.050.000 kWh/a	:	80 %	=	3.813.000 kWh/a
	3.813.000 kWh/a	:	700 kWh/srm	=	5.447 srm/a bzw. 1.743 t/a

Erdgasverbrauch

BHKW 1	960.000 kWh/a	:	110 kW	=	8.727 h/a
	8.727 h/a	x	188 kW Hs	=	1.641.000 kWh/a Hs
BHKW 2	540.000 kWh/a	:	110 kW	=	4.909 h/a
	4.909 h/a	x	188 kW Hs	=	923.000 kWh/a Hs
Gaskessel	200.000 kWh/a	:	88 %	=	228.000 kWh/a
	228.000 kWh/a	x	1,1 Hs/Hi	=	251.000 kWh/a Hs

3.3 Erweiterungsmöglichkeit Wärmeverbund

Bei der Planung des Nahwärmenetzes wurde bei der Rohrdimensionierung eine zukünftige Erweiterungsmöglichkeit des Wärmeverbunds für folgende Liegenschaften berücksichtigt.

- Turnhalle (Niederstockumer Weg)
- Astrid-Lindgren-Grundschule

Wärmeverbrauch (2004 - 2008)	Gasverbrauch Hi [kWh/a]	Jahres- nutzungsgrad	Wärme- verbrauch [kWh/a]	VBZ [h/a]	Heizlast [kW]
Turnhalle	64.000	85%	54.000	1.000	55
Astrid-Lindgren-Grundschule	195.000	85%	166.000	1.300	130
Summe			230.000		185

Beim Anschluss der weiteren Gebäude muss jedoch geprüft werden, ob die installierte Heizleistung der Wärmeerzeuger noch ausreichend ist, oder ob ein weiterer zentraler Wärmeerzeuger in der Heizzentrale installiert werden muss.

4 Technische Realisierung

4.1 Standort Heizzentrale Holzheizung

Als Standort für die Heizzentrale der Holzheizung ist die Grünfläche westlich Sankt-Amand-Montrand-Str Ecke Alter Kirchweg vorgesehen.

Heizzentrale und Holzschnittelsilo werden teilweise im Erdreich integriert. Damit die Holz-schnitzel bei der Brennstoffanlieferung direkt vom LKW in das Silo abgekippt werden können, muss eine Auffahrrampe errichtet bzw. das Gelände durch Modulation angepasst werden.

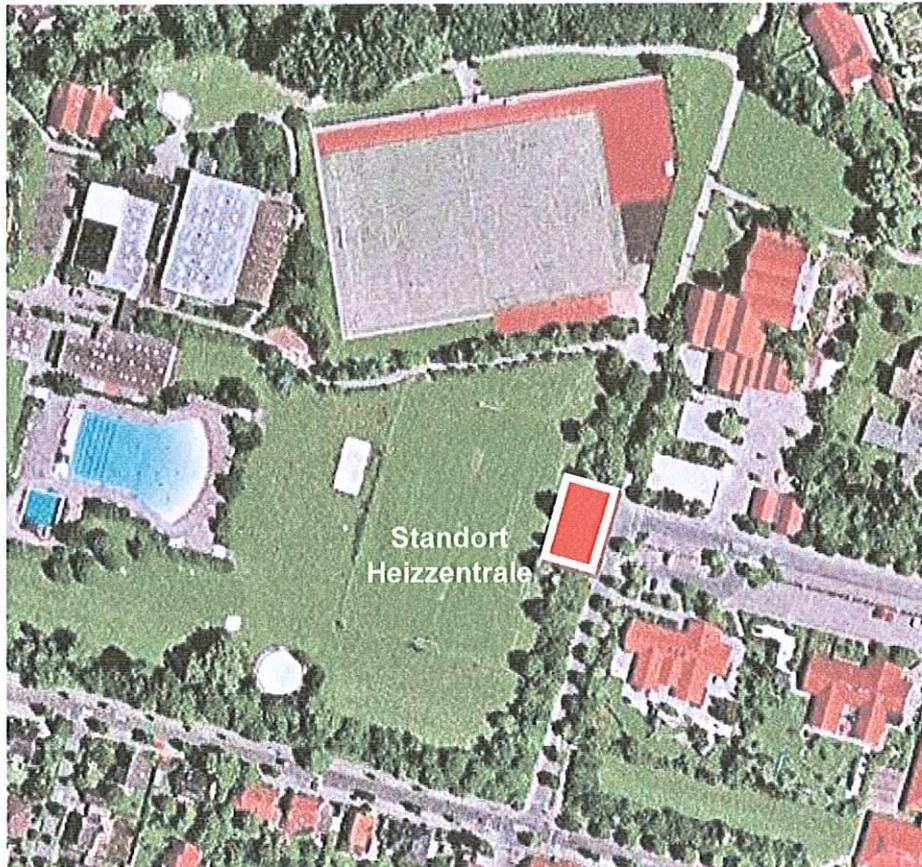


Abb. 14: Luftbild Nottuln mit Standort Heizzentrale

Die geplante Heizzentrale mit Holzheizung ist ca. 120 m von der Wohnsiedlung entfernt. Auf Grund der Entfernung zur Wohnsiedlung sind keine besonderen Anforderungen bezüglich Schallschutz bei der Holzheizung vorgesehen.



Abb. 15: Heizzentrale Holzsnitzelheizung Gaildorf: 800 kW Holzkessel, 50 m³ Pufferspeicher

4.2 Holzheizung

Die wesentlichen Anlagenteile der Holzheizung sind:

- Holzschnitzelsilo
- Holzkessel
- Austrage- und Fördereinrichtung für Holzschnitzel
- Entaschung
- Abgasentstaubung (E-Filter)
- Schornstein

Es wird ein Holzkessel mit Rostfeuerung installiert. Als Brenngut kommen Holzschnitzel von definierter Qualität aus naturbelassenem Holz zum Einsatz. Die Holzfeuerung muss für Brennstoffsortiment Wald-, Sägerest- und Landschaftspflegeholz mit einer Stückigkeit von P45 - P63 und einem Wassergehalt von W35 - W50 (Definition gemäß Q-Leitfaden) geeignet sein.

Zur Brennstoffbevorratung wird ein ins Erdreich integriertes Holzschnitzelsilo erstellt. Die Anlieferung erfolgt mittels Container-Fahrzeugen, welche das Brenngut direkt in das Silo abkippen.

Jeder Holzkessel wird vom TÜV beim Hersteller geprüft und abgenommen.

Bauart	Warmwasserkessel, Absicherung nach DIN 4751
Nenn-Wärmeleistung	800 kW bei Referenzbrennstoff WH, P63, W50
Kessel-Wirkungsgrad	90 %
Feuerungswärmeleistung	940 kW
Max. Betriebsüberdruck	3 bar
Kesselwasserinhalt	2.000 Liter
Gesamtgewicht	16.000 kg
Abgasvolumenstrom	4.260 Bm ³ /h
Abgastemperatur	180 °C
Vorlauftemperatur	90 °C (konstant)

Die Zufuhr des Brenngutes erfolgt geregelt in Abhängigkeit der Heizlast mittels Stoker. Auf dem Vorschubrost wandert das Brenngut durch die hydraulische Rostbewegung bis zur Verbrennungszone. Die Abgase werden im Gegenstrom zum Brenngut geführt und sorgen so für eine Vortrocknung von feuchtem Brenngut. Die Zufuhr der Verbrennungsluft erfolgt geregelt durch ein Primär- und ein Sekundärluftgebläse.

CO- λ -Regelung

Der Kessel verfügt über eine CO- λ -Regelung. Durch Messung des CO-Gehaltes im Abgas wird die Güte der Verbrennung kontinuierlich überwacht und geregelt. Der Luftüberschuss λ wird so dem aktuellen Verbrennungsprozess angepasst. Durch diese Regelung wird eine optimale Verbrennung erreicht. Eine Geruchsbelästigung durch das Abgas kann im Regelbetrieb ausgeschlossen werden.

Rauchrohrkessel

Nach dem Feuerungsblock gelangen die Abgase in einen Rauchrohrkessel, in dem die Abgase durch das Heizwasser abgekühlt werden.

Automatische Kesselabreinigung

Die Rauchgaszüge des Röhrenwärmetauschers werden in regelmäßigen Abständen durch Druckluftstöße gereinigt. Der an den Rauchrohren anhaftende Staub wird über den Abgasvolumenstrom am Staubabscheider gesammelt. Damit lässt sich der manuelle Reinigungsaufwand auf 1 bis 2 Reinigungen im Jahr reduzieren.

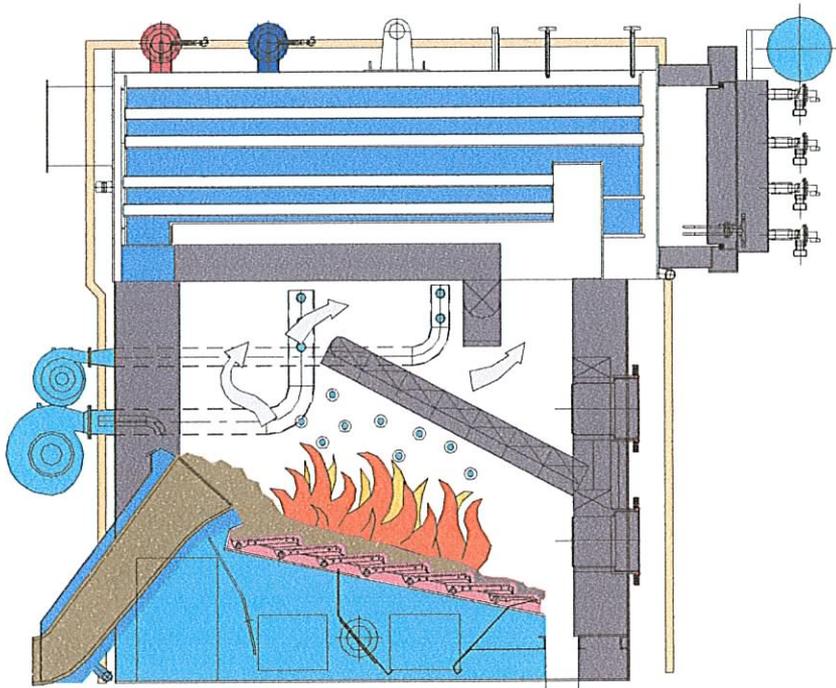


Abb. 16: Schematische Darstellung Holzkeschel



Abb. 17: Holzschneitzkeschel (800 kW) und Elektrofilter

Brennstoffzuführung

Das Holzschnitzelsilo wird mit einem hydraulischen Schubboden ausgerüstet, mit dem die Holzschnitzel aus dem Silo ausgetragen werden. Vom Silo zum Kessel werden die Holzschnitzel mittels einer hydraulischen Schubstange befördert, die das Material in den Kessel hineindrückt. Die Brennstoffzuführung erfolgt mit nur einer Übergabestelle, um Störungen bei unterschiedlichen Brennstoffarten zu vermeiden.

Feuerung

Aufgrund der beschriebenen Anforderungen ist eine Vorschubrostfeuerung vorgesehen, die sich durch folgende Vorteile auszeichnet:

- Klare Trennung der einzelnen Verbrennungszonen (Trocknung, Entgasung, Ausbrand und Entaschung)
- Homogene Primärlufteinblasung durch den Rost
- Lange Nachverbrennungszone

Durch diese feuerungstechnischen Eigenschaften können auch feuchte Brennstoffe mit niedrigen Emissionswerten verbrannt werden.

Abgasreinigung

Die Flugasche wird durch einen Elektrofilter abgeschieden und über eine Förderschnecke der Rostasche zugeführt.

Nach den Wärmetauscherrohren sind die Abgase auf ca. 180 °C abgekühlt und mit einem Elektrofilter (elektrostatischer Abscheider) entstaubt. Der E-Filter reinigt das Abgas von einem Rohgasstaubgehalt von ca. 500 – 1.000 mg/Nm³ auf weniger als 50 mg /Nm³. Durch Abklopfen wird der Elektrofilter regelmäßig abgereinigt.

Der Flugstaub vom Elektrofilter wird am Gerät gesammelt und mittels geschlossener Förderschnecken der Rostasche zugeführt.

Automatisierungsgrad

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit muss die Anlage weitgehend automatisiert werden.

Dies betrifft folgende Anlagenteile:

- Brennstoffzuführung
- Leistungsregelung
- Entaschung
- Reinigung der wasserführenden Züge

Der Bedienaufwand kann dadurch auf 0,5 - 1 Stunde pro Werktag in der Heizperiode reduziert werden.

Leistungsanpassung/Regelung

Da der Holzkessel in der Mittellast gefahren wird, muss dieser rasche Lastwechsel ausregeln können und im Lastbereich zwischen 30 % und 100 % niedrige Schadstoffwerte aufweisen. Um große Wärmelastspitzen mit Holzwärme abzudecken, ist der Einsatz eines Pufferspeichers vorgesehen.

Ascheanfall und Entsorgung

Die anfallende Rostasche wird direkt in eine 3 m³ Absetzmulde (5 m³ x 75 %), welcher unter der Feuerung in der Aschegrube steht, gefördert. Mittels elektrischer Verfahreinrichtung wird die Absetzmulde vor das Tor gefahren. Mittels LKW wird die volle Absetzmulden aus der Aschegrube gehoben und gegen eine leere Mulde ausgetauscht. Der Brennstofflieferant entleert die Absetzmulde und liefert die anfallende Asche auf der Deponie ab. Der Ascheanfall liegt je nach Holzgüte zwischen 1 bis 5 Gewichtsprozent.

Variante 1: Abschaltung Holzkessel im Sommer

$$4.732 \text{ m}^3/\text{a} \times 175 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ (atro)} \times 3 - 5 \% = 25 - 41 \text{ t/a}$$

Bei einem spezifischen Gewicht 1.000 kg/m³ ergibt sich ein Ascheanfall von 25 bis 41 Tonnen pro Jahr. Die Anzahl der Abholungen pro Jahr beträgt:

$$24 - 41 \text{ m}^3/\text{a} : 3 \text{ m}^3/\text{Abholung} = 8 - 14 \text{ Fahren pro Jahr}$$

Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

$$5.446 \text{ m}^3/\text{a} \times 175 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ (atro)} \times 3 - 5 \% = 29 - 48 \text{ t/a}$$

Bei einem spezifischen Gewicht von 1.000 kg/m³ ergibt sich ein Ascheanfall von 29 bis 48 Tonnen pro Jahr. Die Anzahl der Abholungen pro Jahr beträgt:

$$29 - 48 \text{ m}^3/\text{a} : 3 \text{ m}^3/\text{Abholung} = 10 - 16 \text{ Fahren pro Jahr}$$

Je nach Brennstoffqualität entspricht dies einer Abholung alle zwei Wochen während der Heizperiode.

Brennstoffanlieferung

Für den Transport der Holzsplitzel mit dem LKW werden übliche Großcontainer mit ca. 40 m³ Fassungsvermögen benutzt. Bei einer Fuhre mit Anhänger können somit maximal 80 m³ angeliefert werden. Zur Entladung werden die Container nach hinten direkt in das Silo abgekippt.



Abb. 18: Brennstoffanlieferung

Variante 1: Abschaltung Holzessel im Sommerbetrieb

Anlieferungen Holzsplitzel: 4.732 m³/a : 80 m³/Anlieferung = 60 Anlieferungen

Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

Anlieferungen Holzsplitzel: 5.446 m³/a : 80 m³/Anlieferung = 68 Anlieferungen

Während der Heizperiode erfolgt bei durchgehendem Vollastbetrieb alle 3 - 4 Tage eine Anlieferung.

Als Brennstoff wird folgendes Sortiment bzw. Qualität festgelegt:

Qualität	Waldholz, naturbelassenes Holz
Wassergehalt	50 %, W50
Stückigkeit	Länge bis 63 mm, P63

Brennstoffbevorratung

Der Aufstellungsplan zeigt einen Grundriss des Holzsilos mit Anbindung an den Heizraum. Das Silo wird mit einem Faldeckel oder Schiebedeckel zur Befüllung ausgerüstet.

Das Silo hat folgende Abmessungen: $L \times B \times H = 10,0 \times 5,0 \times 3,0 \text{ m} = 150 \text{ m}^3$

Nutzvolumen bei einem Füllgrad von 85 %: $150 \text{ m}^3 \times 85 \% = \text{rd. } 128 \text{ m}^3$

Der Vorrat im Silo reicht bei Volllastbetrieb des Kessels im Winter für:

$$128 \text{ m}^3 \times 700 \text{ kWh/m}^3 : (800 \text{ kW} \times 24 \text{ h} : 80 \%) = \text{ca. } 4 \text{ Tage}$$

Das Brennstofflager wird mit der Heizraumabluft über eine Brandschutzklappe mechanisch belüftet.

Schornsteinanlage

Für den Holzessel wird ein freistehender Stahl-Schornstein mit einem Innenzug DN 350 und einer Höhe von ca. 20 m aufgestellt. Um eine exakte Aussage über die benötigte Schornsteinmindesthöhe zu bekommen, wird empfohlen, ein Schornsteinhöhengutachten durchzuführen zu lassen.

4.3 Heizungstechnische Einbindung

Holzheizung

Die Holzheizung mit Pufferspeicher versorgt über eine Wärmeleitung mit Vorrangschaltung die Liegenschaften östlich der Heizzentrale (Martinus Grundschule, Kindergärten, Jugendherberge und Gymnasium). Ist der Pufferspeicher vollständig geladen und somit überschüssige Wärme vorhanden, öffnet die Absperrarmatur in der Verbindungswärmeleitung zwischen Heizzentrale Holzheizung und Heizzentrale Hallenbad. Die durch die Holzheizung erzeugte Überschusswärme wird in die Heizungsverteilung der Heizzentrale Hallenbad eingespeist. Zusammen mit der durch die Abwärme der Blockheizkraftwerke erzeugten Wärmemenge wird diese über Wärmeleitungen an weitere Liegenschaften (Freibad, Wellness Point und Geschwister-Scholl-Hauptschule) verteilt.

Sollte die erzeugte Wärmemenge von Holzessel und BHKW nicht mehr ausreichen, schaltet der Gaskessel automatisch zu. Als Ausfallsicherheit für die Holzheizung wird in der Heizzentrale des Hallenbads ein Anschluss für eine mobile Heizzentrale vorgesehen. Sollte der Holzessel oder ein anderer Wärmeerzeuger ausfallen, wird die mobile Heizzentrale an das Heizungssystem angeschlossen. Bei Ausfall der Holzheizung wird die Fließrichtung des Wärmestroms innerhalb der Verbindungsleitung Heizzentrale Holzheizung und Hallenbad umgedreht und der Wärmetransport erfolgt von der Heizzentrale Hallenbad direkt über die Verbindungsleitung zu den östlichen Liegenschaften.

Temperaturen Wärmeversorgung

Die Holzheizung wird mit einer konstanten Vorlauftemperatur von 90 °C betrieben. Mit dieser Vorlauftemperatur wird der Pufferspeicher beladen. Für das Nahwärmenetz ist die Installation einer Vorlaufbeimischung vorgesehen. Durch die Beimischung kann die Netztemperatur exakt der errechneten Solltemperatur angepasst und das Netz somit witterungsgeführt betrieben werden. Das Netz ist für eine Temperaturspreizung größer gleich 25 Kelvin ausgelegt. Die Vor-

lauftemperaturen betragen zwischen 75 und 85 °C, die Rücklauftemperaturen liegen zwischen 50 und 55 °C.

Pufferspeicher

Um Wärmelastspitzen einzelner Liegenschaften aus dem Holzkessel abzudecken, wird ein Pufferspeicher mit ca. 50.000 l ins Heizsystem eingebunden. Dieser soll dazu beitragen, Lastspitzen in der Aufheizphase der Gebäude auszugleichen, ein häufiges Takten des Kessels in der Übergangszeit zu vermeiden und einen höheren Deckungsanteil der Holzheizung zu erzielen. Der stehende Pufferspeicher wird im Freien neben der Holzheizung aufgestellt.

Heizungstechnik Heizzentrale

Armaturen

Die Absperrungen werden mit Klappen bzw. Kugelhähnen ausgeführt. Bei Temperaturanzeigen werden Absperrklappen mit integriertem Thermometer gewählt.

Druckhaltung

Es wird eine getrennte Druckhaltung für Heizkessel und Wärmenetz vorgesehen.

Isolierung

Die Isolierung der Armaturen und Rohrleitungen in der Heizzentrale erfolgt nach Heizungsanlagenverordnung. Es wird eine Ausführung mit Kunststoffmantelisolierung vorgesehen.

Pumpen

Für das Wärmenetz werden drehzahlgeregelte Pumpen mit integrierter Differenzdruckregelung eingesetzt.

Wärmemengenzähler

Für die Messung der erzeugten Wärmemenge durch den Holzschnitzelkessel wird ein digitaler Ultraschallwärmemengenzähler installiert.

Wärmeübergabe Gebäude

Die Wärmeübergabe zwischen Wärmeverbund und Wärmeleitung im Gebäude erfolgt in den öffentlichen Gebäuden direkt (ohne Plattenwärmetauscher), d.h. es liegt keine Systemtrennung des Wärmeträgermediums vor. Für die Jugendherberge ist eine indirekte Wärmeübergabe mit Plattenwärmetauscher vorgesehen. In den Gebäuden werden Absperr-, Regelarmaturen, Temperaturfühler und Wärmemengenzähler installiert. Die bestehende Regelungstechnik der Gebäude kann teilweise übernommen werden.

4.4 Wärmeverbund

Die durch die Holzheizung, die Blockheizkraftwerke und den Gaskessel erzeugte Wärmemengen werden über Wärmeleitungen an die Gebäude verteilt. Die geplante Trassenführung der Wärmeleitung ist dem Lageplan im Anhang zu entnehmen. Bei der Verlegung der Wärmeleitungen sind Stahlrohr- (KMR) und Kunststoffrohrdoppelleitungen (PEX) vorgesehen.

Rohrsystem Kunststoffmantelrohre (KMR)

Beim vorgefertigten KMR ist das Mediumrohr aus Stahl und der umgebende Mantel aus Kunststoff. Zwischen Mediumrohr und Mantel befindet sich die Wärmedämmung mit einem Lecküberwachungssystem. Die einzelnen Rohrstücke haben in der Regel eine Länge von 12 m und werden an ihren Enden miteinander verschweißt. Um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten, wird ein KMR-Doppelrohr verwendet, d. h. Vorlauf- und Rücklaufleitung sind in einem Rohr integriert. Bei der Rohrdimensionierung wurde eine Temperaturspreizung von 25 Kelvin zwischen Vor- und Rücklaufemperatur angesetzt.

Maximal zulässige Betriebsparameter KMR-Rohr

Max. zulässige Betriebstemperatur: 130 °C
 Max. zulässige Betriebsdruck*: 25 bar
 Max. zulässige Axialspannung: 190 N/mm²

*Der maximal zulässige Betriebsdruck ist abhängig von der Betriebsdauer und der Dauerbetriebs-temperatur.

Die folgende Tabelle zeigt die Abmessungen der einzelnen Rohrdimensionen

Abmessungen Stahlrohr P235GH/TR1					Liefer- länge L in m
Typ	Nennweite / Dimension in		Außen- Ø d _a in mm	Wand- stärke s in mm	
	DN	Zoll			
DR - 20	2 • 20	¾"	26,9	2,6	6/12
DR - 25	2 • 25	1"	33,7	3,2	6/12
DR - 32	2 • 32	1¼"	42,4	3,2	6/12
DR - 40	2 • 40	1½"	48,3	3,2	6/12
DR - 50	2 • 50	2"	60,3	3,2	6/12
DR - 65	2 • 65	2½"	76,1	3,2	6/12
DR - 80	2 • 80	3"	88,9	3,2	6/12
DR - 100	2 • 100	4"	114,3	3,6	6/12/16

Rohrsystem Kunststoffrohre (PEX)

Beim vorgefertigten PEX-Rohr (Poly-Ethylen-kreuzvernetzt (X)) besteht das Mediumrohr und der umgebende Mantel aus Kunststoff. Zwischen Mediumrohr und Mantel befindet sich die Wärmedämmung. Die Verbindung einzelner PEX-Rohre miteinander erfolgt in der Regel über pressbare Verbindungs- und Anschlussstücke. Das Kunststoffrohr ist auf Grund seiner Materialeigenschaften flexibel und biegsam. Der Biegeradius des einzelnen Rohres ist von der Rohrdimension abhängig und den Herstellerangaben zu entnehmen.

Maximal zulässige Betriebsparameter PEX-Rohr

Max. zul. Betriebstemperatur : 95 °C

Max. zul. Dauerbetriebstemperatur: 80 °C

Max. zul. Betriebsdruck*: 6 bar

*Der maximal zulässige Betriebsdruck ist abhängig von der Betriebsdauer und der Dauerbetriebstemperatur.

Die folgende Tabelle zeigt die Abmessungen der einzelnen Rohrdimensionen

Abmessungen PE-Xa-Rohr			Mantelrohr- außen-Ø	Lieferlänge in 1,00 m Schritten
Typ	Außen- Ø d_a in mm	Wand- stärke s in mm		
H - 20 + 20	2 • 20,0	2,0	75	24 - 360
H - 25 + 25	2 • 25,0	2,3	90	24 - 250
H - 32 + 32	2 • 32,0	2,9	110	24 - 200
H - 40 + 40	2 • 40,0	3,7	125	24 - 150
H - 50 + 50	2 • 50,0	4,6	160	24 - 120
H - 63 + 63	2 • 63,0	5,8	180	24 - 70

Rohrdimension und Druckverlust

Im Folgenden sind die Leitungslängen und die dazugehörigen Rohrdimensionen dargestellt. Die einzelnen Rohrleitungslängen je Trassenabschnitt und der entsprechende Druckverlust je Meter Rohrleitung sind dem Anhang zu entnehmen.

Rohrdimension	Trassenmeter
PEX 32	102 Trm
PEX 40	120 Trm
PEX 50	33 Trm
PEX 63	240 Trm
DN 20	5 Trm
DN 32	10 Trm
DN 50	35 Trm
DN 65	600 Trm
DN 80	60 Trm
DN 100	295 Trm
Summe	1.500 Trm

Verlegung im Graben

Die Rohre werden auf einem ca. 10 cm dicken Sandbett verlegt. Die Gesamtbreite des Grabens beträgt je nach Rohrdimension zwischen 30 - 80 cm. Bei KMR-Rohrleitungen muss eine Mindestüberdeckung von 60 cm, bei PEX-Rohrleitungen mindestens 50 cm Überdeckung bis zur Rohrscheitelkante eingehalten werden. Die Verfüllung erfolgt mit Sand bis 10 cm über die Scheitelkante des Rohres.

Oberhalb des Sandbettes wird für die Leitung ein Trassenwarnband verlegt. Seitlich neben der Wärmeleitung eine Steuerleitung für die Regelungstechnik sowie eine Stromleitung für den Stromverbund. Eine schematische Darstellung der Grabenprofile für die einzelnen Rohrleitungsdimensionen ist dem Anhang zu entnehmen.

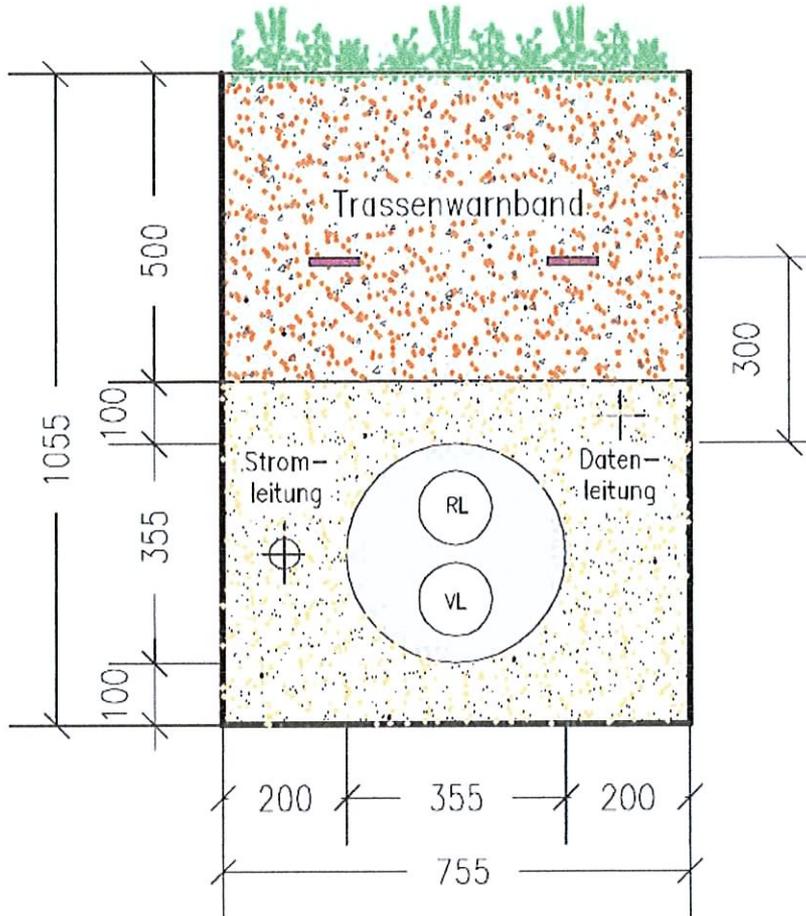
Grabenprofil für KMR-Rohr: DN 100

Abb. 19: Schematische Darstellung Grabenprofil Wärmeleitung



Abb. 20: Wärmeleitungen

5 Investitionskosten

5.1 Holzheizung mit Wärmeverbund

Die Investitionskosten verstehen sich als **Netto-Kosten** (ohne Mehrwertsteuer).

Anlagenkomponenten	Investitionskosten		
		Mehrkosten Elektrofilter	inklusive Mehrkosten
Gebäude			
Heizzentrale	140.000,-- €	20.000,-- €	160.000,-- €
Zufahrt	30.000,-- €		30.000,-- €
Erschließung	10.000,-- €		10.000,-- €
Summe	180.000,-- €	20.000,-- €	200.000,-- €
Holzheizung			
Holzkessel (800 kW)	100.000,-- €		100.000,-- €
Regelungstechnik	45.000,-- €		45.000,-- €
Austragung und Beschickung	28.000,-- €		28.000,-- €
automatische Entaschung	30.000,-- €		30.000,-- €
Elektrofilter		90.000,-- €	90.000,-- €
Schornstein	25.000,-- €		25.000,-- €
Silodeckel	33.000,-- €		33.000,-- €
Pufferspeicher (50 m ³) mit Wärmedämmung	40.000,-- €		40.000,-- €
Druckhaltung, Pumpen und Armaturen	45.000,-- €		45.000,-- €
Lüftung u. Druckluftversorgung	10.000,-- €		10.000,-- €
Wasseraufbereitung und Sanitär	12.000,-- €		12.000,-- €
Rohrleitung mit Wärmedämmung	54.000,-- €		54.000,-- €
Übergeordnete Regelung	24.000,-- €		24.000,-- €
Elektroinstallation	20.000,-- €		20.000,-- €
Summe	466.000,-- €	90.000,-- €	556.000,-- €
Wärmeverbund			
Wärmeleitung (1.540 m)	170.000,-- €		170.000,-- €
Tiefbau (1.500 Trm)	154.000,-- €		154.000,-- €
Summe	324.000,-- €		324.000,-- €
Einbindung Gebäude Wärmeverbund			
Kindergarten (Marien)	4.000,-- €		4.000,-- €
Kindergarten (Magdalenen)	7.000,-- €		7.000,-- €
Eltern-Kind-Gruppe	4.000,-- €		4.000,-- €
Gymnasium Pavillon 1-9	30.000,-- €		30.000,-- €
Gymnasium Sporthalle	5.000,-- €		5.000,-- €
Jugendherberge (Wärmeübergabestation 190 kW)	9.000,-- €		9.000,-- €
Martinus Grundschule	6.000,-- €		6.000,-- €
Pavillon Martinus Grundschule	4.000,-- €		4.000,-- €
Geschwister-Scholl-Schule	5.000,-- €		5.000,-- €
Musikpavillon Geschwister-Scholl-Schule	5.000,-- €		5.000,-- €
Vereinsheim	6.000,-- €		6.000,-- €
Summe	85.000,-- €		85.000,-- €
Summe Netto-Investitionskosten	1.055.000,-- €	110.000,-- €	1.165.000,-- €
Nebenkosten	115.000,-- €	10.000,-- €	125.000,-- €
Netto-Gesamtinvestitionskosten	1.170.000,-- €	120.000,-- €	1.290.000,-- €

5.2 Änderung Bundesimmissionsschutz-Verordnung

Der Deutsche Bundestag hat am 3. 12.2009 der Novelle der 1. Bundesimmissionsschutz-Verordnung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - zugestimmt. Die Verordnung ist am 1 Januar 2010 in Kraft getreten! Hierbei wird der bisherig zulässige Rauchgasstaubgehalt von 150 mg/Nm³ Luft für Holzsnitzelfeuerungsanlagen mit einer Feuerungs-wärmeleistung < 1.000 kW auf einen Staubgehalt von 100 mg/Nm³ Luft reduziert.

Aufgrund dieser Tatsache ist der Einbau einer Filteranlage für die geplante Holzsnitzelfeue-rung notwendig.

5.3 Erdgaskessel

Optional sind die Investitionskosten für einen zusätzlichen Erdgaskessel aufgeführt. Der Kes-sel würde in die bestehende Heizzentrale des Hallenbads integriert und bei einem Ausfall der Holzheizung automatisch zugeschaltet werden. Sollte aus Kostengründen auf den Reserve-kessel verzichtet werden, muss auf jeden Fall die Anschlussmöglichkeit an eine mobile Heiz-zentrale vorgesehen werden.

Erdgaskessel

Niedertemperatur-Gaskessel (800 kW)	45.000,-- €
Abgasleitung und Schornstein	12.000,-- €
Pumpen, Armaturen, Rohrleitung	30.000,-- €
Elektroinstallation	13.000,-- €
Netto-Investitionskosten	100.000,-- €

5.4 Förderung

Für die geplante Holzheizung mit Wärmeverbund wird ein Förderantrag bei der KfW-Bank ge-stellt.

KfW-Förderprogramm für Erneuerbare Energien

Nach den Förderrichtlinien des Förderprogramms „Erneuerbare Energien“ der KfW-Bank er-geben sich folgende Fördersummen für die einzelnen Anlagen.

Holzessel	30 €/kW	x	800 kW	=	24.000,-- €
Wärmeverbund	80 €/Trm	x	1.500 Trm	=	120.000,-- €
Wärmeübergabestation	1.800 €/St.	x	15 St.	=	27.000,-- €
Summe					171.000,-- €

Investitionskosten Holzheizung abzüglich KfW-Förderung

Netto-Gesamtinvestitionskosten	1.290.000,-- €
abzüglich Förderung	- 171.000,-- €
Summe	1.119.000,-- €

6 Wirtschaftlichkeit

6.1 Grundlagen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 durchgeführt. Die aufgeführten Kosten verstehen sich als Netto-Kosten.

Die Aufwendungen von Wärmeerzeugungsanlagen setzen sich aus

- Kapitalkosten,
- Betriebskosten,
- Brennstoffkosten

zusammen.

● Kapitalkosten

Aus dem Zinssatz und der Nutzungszeit errechnet sich der Annuitätsfaktor, mit dem aus den Investitionskosten die jährlich anfallenden Kapitalkosten berechnet werden.

Zinssatz: 4,0%

	Nutzungsdauer	Annuität
Gebäude	50 Jahre	4,66 %
Heizungstechnik	20 Jahre	7,36 %
Wärmeverbund	40 Jahre	5,05 %
Wärmeübergabestation	30 Jahre	5,78 %

● Brennstoffkosten

Die Brennstoffkosten ergeben sich aus den Brennstoffpreisen und dem Brennstoffeinsatz für

Erdgas

Erdgastarif Big Gelsenwasser AG (gültig ab: 1.1.2010)

Arbeitspreis Erdgas: 4,06 ct/kWh

Holzsplitzel

Holzsplitzelpreis: 14 €/srm

Brennstoffpreis: 14 €/srm : 700 kWh/srm = 2,0 ct/kWh

Wärmepreis: 2,00 ct/kWh : 80% = 2,5 ct/kWh

- **Betriebskosten**

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten der einzelnen Varianten sind in Anlehnung an VDI-Richtlinie 2067 berücksichtigt.

Weitere Betriebskosten sind Schornsteinfegerkosten und die Kosten für Betriebsstrom sowie Bedienung der Anlagen.

- **Stromkosten**

Die Stromkosten ergeben sich aus dem Stromverbrauch und den geltenden Strombezugspreisen:

angesetzter durchschnittlicher Strombezugspreis: 15,0 ct/kWh

6.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

In der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die Jahreskosten (Brennstoffkosten, Betriebskosten, Wartung und Instandhaltung) und Jahreseinnahmen (Stromerlöse) der bestehenden Blockheizkraftwerke nicht mit berücksichtigt. Die erzeugte Wärmemenge der Blockheizkraftwerke wurde nur bei der Energiebilanzierung berücksichtigt, jedoch nicht beim Wärmeabsatz in der Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die Mehrkosten für den Elektrofilter sind in den Kapitalkosten der Varianten berücksichtigt.

Kapital-, Wartungs- und Instandhaltungskosten

Anlagenkomponenten	Kapitalkosten, Zins: 4,0%			Wartung u. Instandhaltung	
	Nutzung in Jahre	Annuität [%]	Kosten [€/a]	[€/a]	[%]
Gebäude					
Heizzentrale	50	4,66	7.448	800	0,5
Zufahrt	50	4,66	1.397	150	0,5
Erschließung	50	4,66	466	50	0,5
Summe			9.310	1.000	
Holzheizung					
Holzkessel (800 kW)	20	7,36	7.358	3.000	3,0
Regelungstechnik	20	7,36	3.311	450	1,0
Austragung und Beschickung	20	7,36	2.060	420	1,5
automatische Entaschung	20	7,36	2.207	450	1,5
Elektrofilter	20	7,36	6.622	900	1,0
Schornstein	20	7,36	1.840	125	0,5
Silodeckel	20	7,36	2.428	330	1,0
Pufferspeicher (50 m³) mit Wärmedämmung	20	7,36	2.943	200	0,5
Druckhaltung, Pumpen und Armaturen	20	7,36	3.311	225	0,5
Lüftung u. Druckluftversorgung	20	7,36	736	50	0,5
Wasseraufbereitung und Sanitär	20	7,36	883	60	0,5
Rohrleitung mit Wärmedämmung	20	7,36	3.973	270	0,5
Übergeordnete Regelung	20	7,36	1.766	120	0,5
Elektroinstallation	20	7,36	1.472	100	0,5
Summe			40.911	6.700	
Wärmeverbund					
Wärmeleitung (1.300 m)	40	5,05	8.589	850	0,5
Tiefbau (1.260 Trm)	40	5,05	7.781	770	0,5
Summe			16.370	1.620	
Einbindung Gebäude Wärmeverbund					
Kindergarten (Marien)	30	5,78	231	20	0,5
Kindergarten (Magdalenen)	30	5,78	405	35	0,5
Eltern-Kind-Gruppe	30	5,78	231	20	0,5
Gymnasium Pavillon 1-9	30	5,78	1.735	150	0,5
Gymnasium Sporthalle	30	5,78	289	25	0,5
Jugendherberge (Wärmeübergabestation 190 kW)	30	5,78	520	45	0,5
Martinus Grundschule	30	5,78	347	30	0,5
Pavillon Martinus Grundschule	30	5,78	231	20	0,5
Geschwister-Scholl-Schule	30	5,78	289	25	0,5
Musikpavillon Geschwister Scholl-Schule	30	7,36	368	25	0,5
Vereinsheim	30	7,36	441	30	0,5
Summe			5.089	425	
Summe Netto-Kapitalkosten			71.680	9.745	
Nebenkosten	20	7,36	9.198		
Netto-Gesamtkapitalkosten			80.878	9.745	

Abzüglich möglicher Förderung				
KFW-Förderung Holzheizung (30 €/kW)	20	7,36	-1.766	
KFW-Förderung Wärmeverbund (80 €/Trm)	20	7,36	-8.830	
KFW-Förderung Wärmeübergabestation (1.800 €/Stk)	20	7,36	-1.987	
Netto-Gesamtkapitalkosten inkl. Förderung			68.295	9.745

Technische Parameter und Wärmeverbrauch

Technische Parameter Biomasseheizung	Nennleistung	Jahresnutzungsgrad
Holzheizung	800 kW	80%
Gasheizung	750 kW	88%
Summe	1.550 kW	

Wärmeverbrauch	
Wärmeverbrauch Verbraucher	4.530.000 kWh/a
Netzverluste	220.000 kWh/a
Summe	4.750.000 kWh/a

Brennstoffkosten Variante 1: Abschaltung Holzkessel im Sommerbetrieb

Wärmeerzeugung		Deckungsanteil
Holzkessel	2.650.000 kWh/a	56%
Gaskessel	300.000 kWh/a	6%
BHKW	1.800.000 kWh/a	38%
Summe	4.750.000 kWh/a	100%

Brennstoffkosten	Brennstoffverbrauch	Brennstoffpreis	Wärmepreis	[€/a]
Holzschnitzel (Heizwert: 700 kWh/srm)	4.732 srm/a	14 €/srm	2,5 ct/kWh	66.250
Erdgas	375.000 kWh/a (Hs)	4,06 ct/kWh	5,1 ct/kWh	15.225
Summe				81.475

Brennstoffkosten Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

Wärmeerzeugung		Deckungsanteil
Holzkessel	3.050.000 kWh/a	64%
Gaskessel	200.000 kWh/a	4%
BHKW	1.500.000 kWh/a	32%
Summe	4.750.000 kWh/a	100%

Brennstoffkosten	Brennstoffverbrauch	Brennstoffpreis	Wärmepreis	[€/a]
Holzschnitzel (Heizwert: 700 kWh/srm)	5.446 srm/a	14 €/srm	2,5 ct/kWh	76.250
Erdgas	250.000 kWh/a (Hs)	4,06 ct/kWh	5,1 ct/kWh	10.150
Summe				86.400

Betriebskosten Variante 1: Abschaltung Holzkessel im Sommerbetrieb

Betriebskosten				[€/a]
Anlagenbetreuung	[h/a] 200	[€/h] 20		4.000
Versicherung		Satz	Basis [€]	
Gebäude		0,2%	200.000	400
Heizung		0,2%	741.000	1.482
Wärmeverbund		0,2%	324.000	648
Verwaltung				5.000
Austausch und Eichung Wärmemengenzähler (alle 5 Jahre)	Anzahl 15	[€/Stk] 150	alle 5 Jahre 2.250	450
Eigenstromverbrauch	[kWh/a]	[€/kWh]		
Holzheizung	40.000	0,15		6.000
Gasheizung	2.000	0,15		300
Elektrofilter	15.000	0,15		2.250
Pumpenstrom	40.000	0,15		6.000
Ascheentsorgung	[t/a] 33	[€/t] 50		1.650
Wartung und Instandhaltung Gaskessel	Basis	45.000 €	2,5%	1.125
Abgasmessung u. Kaminreinigung				500
Vorhaltungsgebühr mobile Heizzentrale	1 €/kW	800 kW		800
Summe				30.605

Betriebskosten Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

Betriebskosten				[€/a]
Anlagenbetreuung	[h/a] 200	[€/h] 20		4.000
Versicherung		Satz	Basis [€]	
Gebäude		0,2%	200.000	400
Heizung		0,2%	741.000	1.482
Wärmeverbund		0,2%	324.000	648
Verwaltung				5.000
Austausch und Eichung Wärmemengenzähler (alle 5 Jahre)	Anzahl 15	[€/Stk] 150	alle 5 Jahre 2.250	450
Eigenstromverbrauch	[kWh/a]	[€/kWh]		
Holzheizung	46.000	0,15		6.900
Gasheizung	2.000	0,15		300
Elektrofilter	15.000	0,15		2.250
Pumpenstrom	40.000	0,15		6.000
Ascheentsorgung	[t/a] 38	[€/t] 50		1.900
Wartung und Instandhaltung Gaskessel	Basis	45.000 €	2,5%	1.125
Abgasmessung u. Kaminreinigung				500
Vorhaltungsgebühr mobile Heizzentrale	1 €/kW	800 kW		800
Summe				31.755

Übersicht Jahreskosten Variante 1: Abschaltung Holzkessel im Sommer

Jahreskosten	Kapitalkosten	80.878 €/a
	Brennstoffkosten	81.475 €/a
	Betriebskosten inkl. Wartung	40.350 €/a
		202.703 €/a
Abzüglich vermiedene Kapitalkosten	Förderung Holzheizung	-1.766 €/a
	Förderung Wärmeverbund	-8.830 €/a
	Förderung Wärmeübergabestation	-1.987 €/a
		190.120 €/a
Wärmeverbrauch Gebäude	4.530.000 kWh/a	
Abzüglich BHKW-Wärme	1.800.000 kWh/a	
	2.730.000 kWh/a	

Wärmegestehungspreis netto	7,0 ct/kWh
-----------------------------------	-------------------

Übersicht Jahreskosten Variante 2: Modularer BHKW-Betrieb im Sommer

Jahreskosten	Kapitalkosten	80.878 €/a
	Brennstoffkosten	86.400 €/a
	Betriebskosten inkl. Wartung	41.500 €/a
		208.778 €/a
Abzüglich vermiedene Kapitalkosten	Förderung Holzheizung	-1.766 €/a
	Förderung Wärmeverbund	-8.830 €/a
	Förderung Wärmeübergabestation	-1.987 €/a
		196.195 €/a
Wärmeverbrauch Gebäude	4.530.000 kWh/a	
Abzüglich BHKW-Wärme	1.500.000 kWh/a	
	3.030.000 kWh/a	

Wärmegestehungspreis netto	6,5 ct/kWh
-----------------------------------	-------------------

7 Umweltbilanz

Holzheizung

Durch den Einsatz von Holzhackschnitzeln werden die fossilen Brennstoffe Heizöl oder Erdgas substituiert und somit die endlichen Ressourcen geschont:

- 1 Kubikmeter Holzschnitzel (W50) ersetzt ca. 70 Liter Heizöl.

Blockheizkraftwerk

Im Blockheizkraftwerk wird der Brennstoff zur Wärme- und Stromerzeugung eingesetzt. Der im Blockheizkraftwerk erzeugte Strom substituiert eine entsprechende Stromerzeugung im Kraftwerk und die Wärme eine entsprechende Wärmeerzeugung durch Heizkessel.

Primärenergie-Bilanz

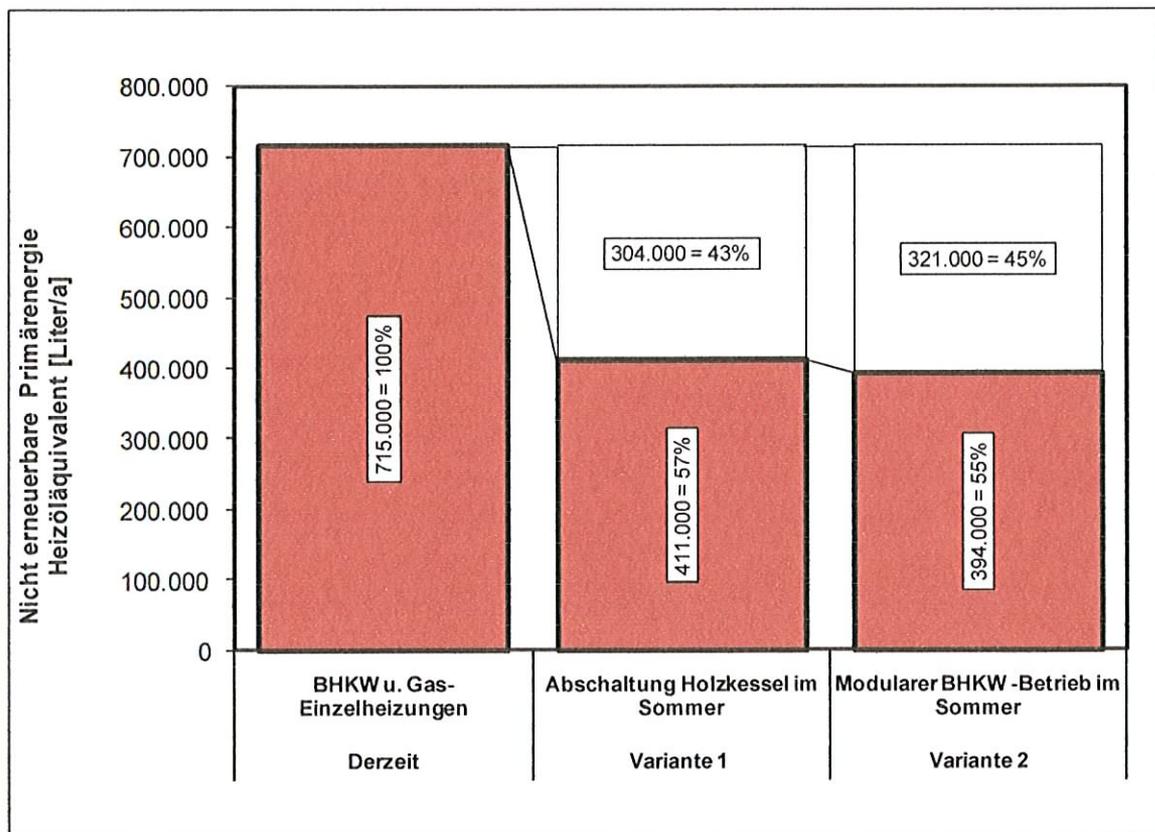


Abb. 21: Primärenergie-Bilanz

CO₂-Emissionen

Jedem Energiesystem kann ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor zugeordnet werden. Darin sind neben den direkten Emissionen aus der Verbrennung auch die Emissionen der vorgelagerten Prozesskette wie Transport etc. berücksichtigt. Holz ist als erneuerbarer Energieträger zwar CO₂-neutral (Nullemission), trotzdem ergibt sich ein geringer Rest-Emissionsfaktor, der sich aus der Prozesskette zur Gewinnung und Aufbereitung der Energiehölzer sowie der benötigten Hilfsenergien (Strom) ableitet.

	Emissionsfaktor CO ₂ [kg/kWh]
Erdgas	0,244
Holzschnitzel	0,020

(Werte gemäß Förderprogramm Klimaschutz-Plus 2008)

CO₂- Emissionsbilanz

In der folgenden CO₂-Bilanz sind sowohl die brennstoffbezogenen CO₂-Emissionen als auch die bei der Stromerzeugung im Kraftwerkspark anfallenden CO₂-Emissionen aufgeführt. Als Strombezugswert wird die von den Blockheizkraftwerken erzeugte Strommenge der Variante 1 mit 818.000 kWh/a angesetzt.

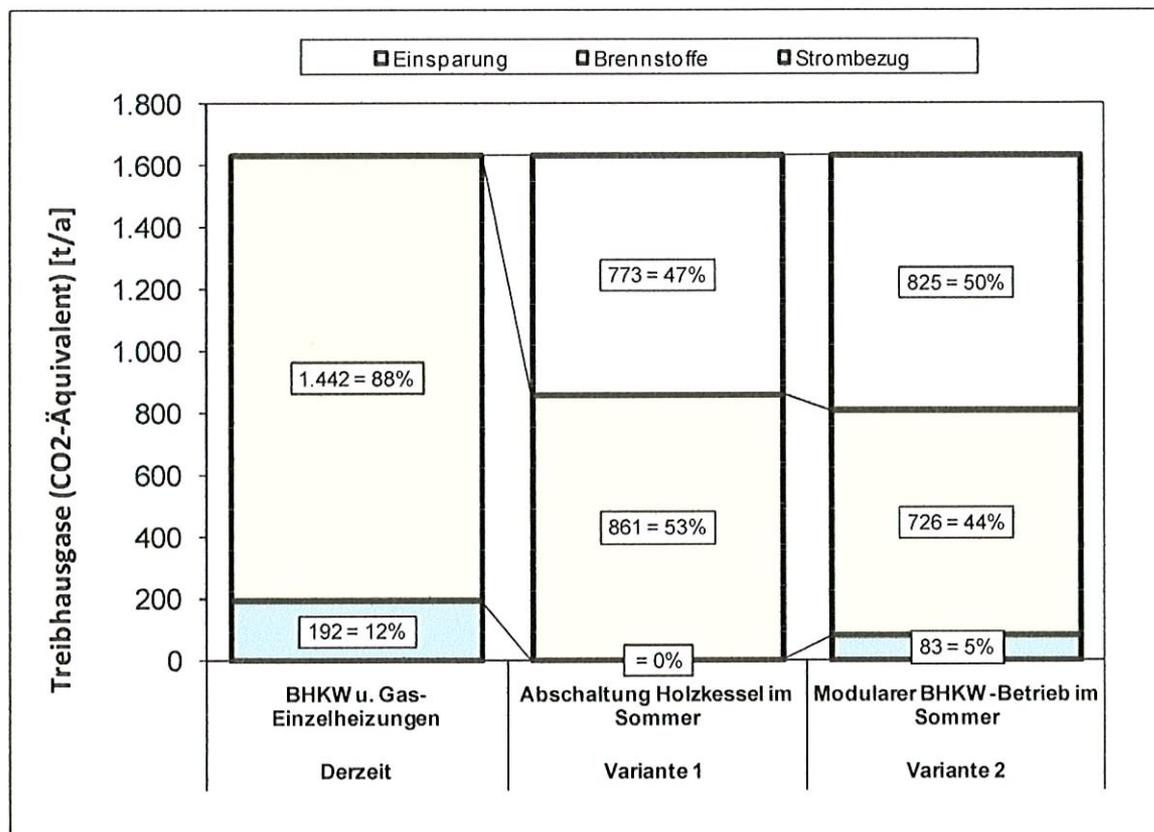


Abb. 22: CO₂-Emissionsbilanz

8 Ausschreibung

Folgende Gewerke sind auszuschreiben:

- Holzheizung
 - Holzkessel mit Zubehör
 - Siloaustragung und Beschickung
 - Rauchgasreinigung

- Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärtechnik
 - Hydraulische Einbindung des Holzkessels
 - Pufferspeicher
 - Lüftungs- und Sanitärtechnik für Heizzentrale
 - Hydraulische Einbindung des Holzkessels in Heizzentrale Hallenbad
 - Hydraulische Einbindung Gebäude
 - Wärmeleitung Wärmeverbund

- Isolierarbeiten

- Elektroarbeiten

- freistehende Schornsteinanlage

- Silodeckel

- Schlosserarbeiten
 - Dachkonstruktion
 - Tore, Türen, Fenster
 - Gitterroste Treppen, Podeste, Leitern

- Erd- und Rohbau
 - Erdarbeiten
 - Beton- und Maurerarbeiten
 - Außenanlage und Zufahrt
 - Kernbohrungen/Wanddurchbrüche

- Dachabdichtungsarbeiten

- Tiefbau
 - Rohrgraben
 - Kernbohrungen/Wanddurchbrüche



Gemeindewerke Nottuln

Stromverbund Liegenschaften Hummelbach

Entwurfsplanung

Bietigheim-Bissingen, Januar 2010



Entwurfsplanung

Stromverbund Liegenschaften Hummelbach

Auftraggeber: Gemeindewerke Nottuln

Projektnummer: 09122

Bietigheim-Bissingen, 22.01.2010



Dipl.-Ing. Wolfgang Schuler

Dipl.-Ing.(FH) Tilo Baach

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	4
2	Konzeption und Strombilanz	5
2.1	Stromverbrauch	5
2.2	Strombilanz	5
2.3	Technische Konzeption	6
3	Investitionskosten	7
3.1	Stromleitungen.....	7
3.2	Stromanschluss Gebäude.....	7

1 Einleitung

In der vorliegenden Entwurfsplanung wird die Errichtung eines Stromverbunds für die kommunalen Liegenschaften im Bereich Hummelbach dargestellt.

Die Stromleitungen sollen im Zuge der Tiefbauarbeiten des geplanten Wärmeverbunds mit verlegt werden. Die Stromerzeugung der öffentlichen Gebäude soll durch die zwei Blockheizkraftwerke im Hallenbad erfolgen. Derzeit werden bereits Hallen-, Freibad, DRK, DLRG, Sporthalle und Wellness Point mit Strom durch die Blockheizkraftwerke versorgt.

Folgende Gebäude sollen an den Stromverbund angeschlossen werden.

- Gymnasium mit Mehrzweckhalle
- Martinus Grundschule mit Pavillon
- Geschwister-Scholl Hauptschule
- Heizzentrale Holzheizung

Im Einzelnen werden ermittelt:

- Konzeption und Strombilanz
- Investitionskosten

2 Konzeption und Strombilanz

2.1 Stromverbrauch

Im folgenden sind die Stromverbräuche (Mittelwerte 2004 – 2007) der kommunalen Liegenschaften sowie der geplanten Holzheizzentrale dargestellt.

Gebäude	Stromverbrauch [kWh/a]
Martinus Grundschule	41.000
Geschwister-Scholl-Hauptschule	47.000
Gymnasium	183.000
Hallenbad, Freibad, Sporthalle, Flutlichtanlage Sportplatz, Wellness Point	418.000
DLRG / DRK-Heim	11.000
Heizzentrale Holzheizung	90.000
Summe	790.000

Im Jahr 2008 wurden 498.000 kWh Strom durch die zwei Blockheizkraftwerke erzeugt. Die Eigenstromnutzung betrug 318.000 kWh, die Rückspeisung in das Stromnetz der RWE lag bei 180.000 kWh.

2.2 Strombilanz

Im folgenden sind die Deckungsanteile der Blockheizkraftwerke an der Jahresdauerlinie des Strombedarfs der kommunalen Liegenschaften dargestellt. Die Blockheizkraftwerke werden wärmegeführt betrieben. Um eine Laufzeitverlängerung sowie eine Betriebsoptimierung des Holzkessels während der Sommermonate zu erreichen, wird ein BHKW in den Nachtstunden und bei geringem Stromverbrauch der Gebäude während der Tagzeit abgeschaltet (siehe Entwurfsplanung „Holzheizung mit Wärmeverbund“ Variante 2).

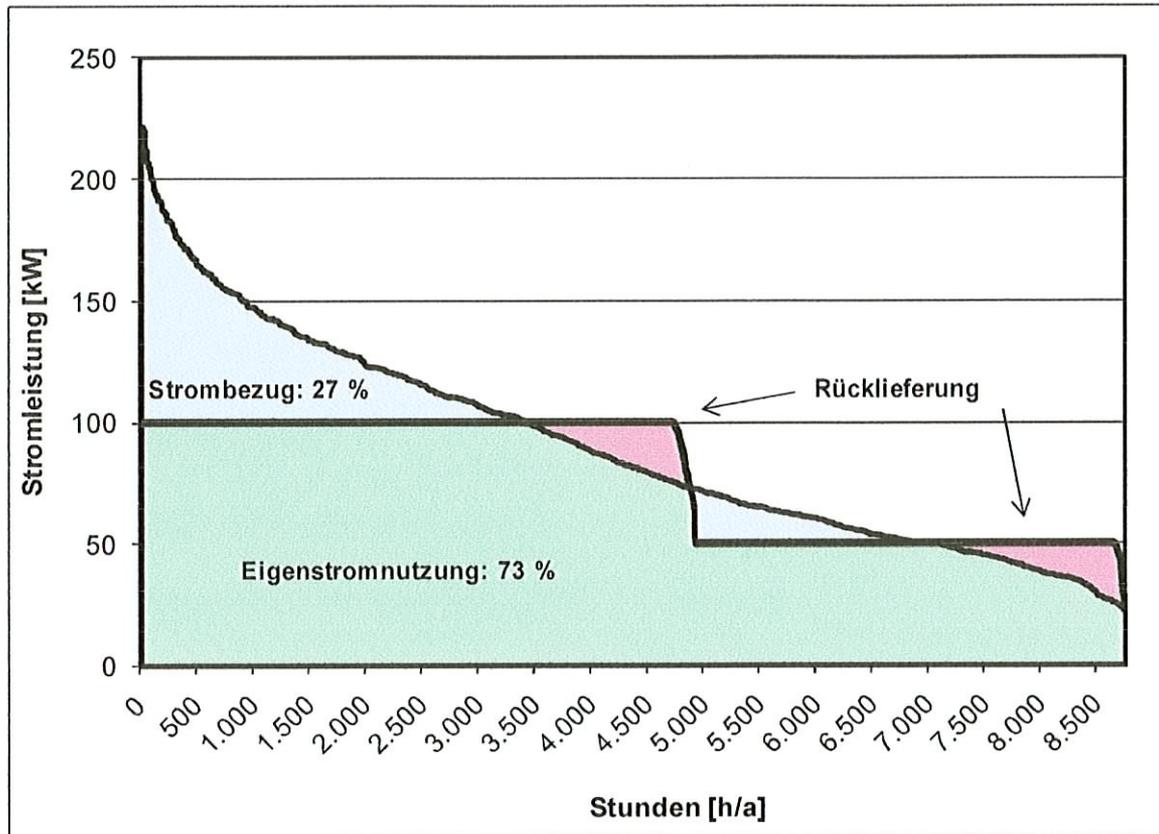


Abb. 1: Jahresdauerlinie des Strombedarfs der kommunale Liegenschaften mit Deckungsanteil BHKW

Stromerzeugung

$$\text{BHKW 1 + 2} \quad 6.800 \text{ h/a} \quad \times \quad 100 \text{ kW} \quad = \quad 680.000 \text{ kWh/a}$$

Strombilanz

Stromverbrauch Gebäude	790.000 kWh/a
abzüglich Eigenstromnutzung BHKW	- 580.000 kWh/a

Strombezug 210.000 kWh/a

Stromeinspeisung BHKW 100.000 kWh/a

2.3 Technische Konzeption

Die einzelnen Gebäude werden niederspannungsseitig vom Hallenbad aus an den Stromverbund angeschlossen. Die Hauptzuleitung führt vom Hallenbad aus zur Heizzentrale Holzheizung. Von hier aus erfolgt die Stromverteilung strangweise für Grundschule und Gymnasium. Die Stränge werden jeweils einzeln abgesichert. Ein weiterer Strang verläuft vom Hallenbad zur Geschwister-Scholl Hauptschule. Ein Leitungsschema ist im Anhang dargestellt.

3 Investitionskosten

Im Folgenden sind die Netto-Investitionskosten der einzelnen Kostenstellen aufgeführt.

3.1 Stromleitungen

Verlegung Stromleitungen

Streckenabschnitt	Querschnitt [mm ²]	Anzahl	Streckenlänge [m]	Investitionskosten		
				[€/m]	[€]	[€]*
Holzheizung – Hallenbad	4 x 120	3 (4)*	265	35	27.800	(37.100)
Holzheizung – Gymnasium	4 x 120	2 (3)*	455	35	31.900	(47.800)
Holzheizung – Musik + Grunds.	4 x 70	1	235	23	5.400	
Hallenbad – Hauptschule	4 x 50	1	165	20	3.300	
Summe					68.400	(93.600)
Summe				rd.	69.000	(94.000)

*optional

3.2 Stromanschluss Gebäude

Elektrische Einbindung: Anschlussarbeiten Verteilerkästen und Sicherungen

Streckenabschnitt	Investitionskosten [€]
Holzheizung – Hallenbad	5.000
Holzheizung – Gymnasium	6.000
Holzheizung – Musik + Grunds.	6.000
Hallenbad – Hauptschule	3.000
Summe	20.000
Gesamtsumme Investitionskosten	89.000 (114.000)
Nebenkosten	11.000
Netto-Gesamtinvestitionskosten	100.000

Der Anschluss Holzheizung-Hallenbad ersetzt die separate stromseitige Erschließung der Heizzentrale.

Leitungs-Schema

