

P615 - Machbarkeit Nahwärme Schulzentrum Bad Marienberg

Auftraggeber

Verbandsgemeinde Bad Marienberg
Kirburger Straße 4
56470 Bad Marienberg

Schul- und Verwaltungszentrum Bad Marienberg

Verbandsgemeinde Bad Marienberg
56470 Bad Marienberg

Auftragnehmer

nwe Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Bahnhofstraße 60
56477 Rennerod



Rennerod, Donnerstag, 30. August 2023

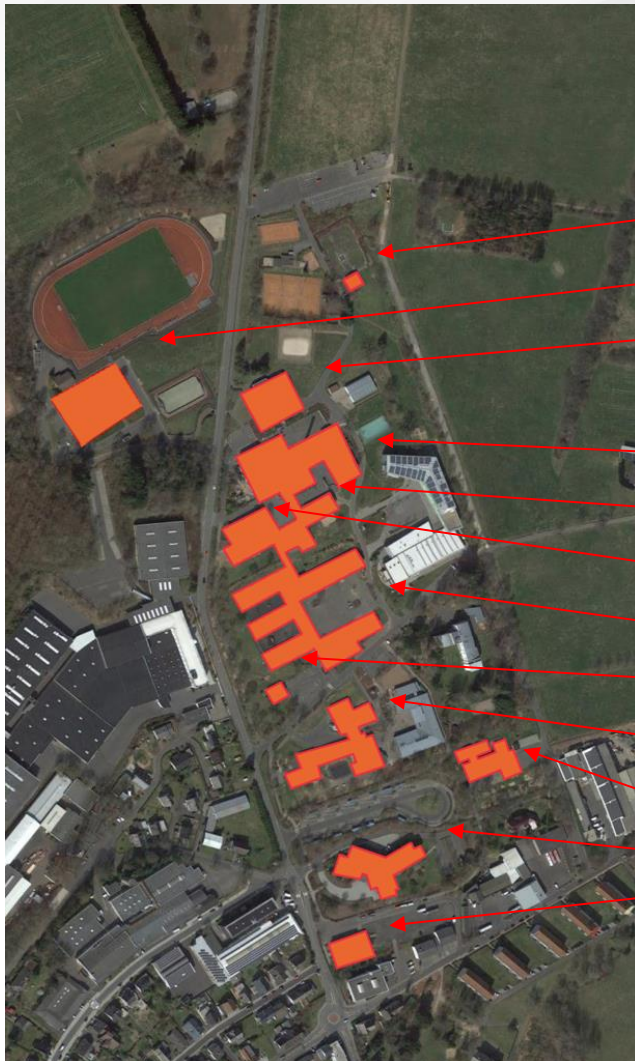
Inhalt

Einleitung.....	3
IST-Analyse der Ausgangssituation	5
Abstimmung mit anderen Bauvorhaben	16
Kontaktaufnahme mit betroffenen Akteuren.....	17
Technische Auslegung	19
Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067	27
Darstellung der CO ₂ -Emissionen	37
Analyse unterschiedlicher betriebswirtschaftlicher Geschäftsmodelle und Finanzierungsvarianten	38
Finanzierungsvarianten	40
Informationen und Hilfestellungen	43
Vorlage für Entscheidungsgremien.....	44
Abbildungs-, Tabellen- und Literaturverzeichnis	45

Einleitung

Die Marie-Curie-Realschule plus, die Grundschule Wolfsteinschule, die Große Sporthalle, die Zweifachsporthalle, die Verbandsgemeindeverwaltung, der städtische Kindergarten und die Stadthalle befinden sich in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander. Die Wärmeversorgung der Gebäude erfolgt derzeit über Gas- bzw. Ölbrennwertkessel. Im Rahmen der Erstellung des Klimaschutzkonzeptes wurde eine Ersteinschätzung bezüglich einer Nahwärmeversorgung getroffen. Eine tiefergehende Prüfung des Areals auf eine mögliche Nahwärmeversorgung hin (mit KWK und/oder erneuerbaren Energien / Wärmeverbund) ist sinnvoll. Hierzu sollten gegeben falls auch weitere Gebäude in räumlicher Nähe berücksichtigt werden, die sich nicht in Trägerschaft der Verbandsgemeinde befinden (z.B. die Michael-Ende-Schule in Trägerschaft des Westerwaldkreises). Dazu möchte die Verbandsgemeindeverwaltung die Durchführung einer Machbarkeitsstudie anstoßen.

Ziel ist es die Energiebedarfskosten sowie die CO₂-Emissionen der Liegenschaften zu reduzieren und so unter anderem gesetzte CO₂-Ziele zu erreichen.



In der nebenstehenden Abbildung 1 sind die Gebäude der Verbandsgemeinde orange markiert.

- Jugendverkehrsschulung
- Große Sporthalle
- Marie-Curie-Realschule Plus (kleine Sporthalle)
- Marie-Curie-Realschule Plus (Gebäude 12, 13)
- Marie-Curie-Realschule Plus (Geb. 10, 11)
- Marie-Curie-Realschule Plus (Geb. 9)
- Marie-Curie-Realschule Plus (Geb. 4, 5, 6, 7, 8)
- Ehemalige Hausmeisterwohnung
- Grundschule Wolfsteinschule
- Städtischer Kindergarten
- Verbandsgemeindeverwaltung
- Stadthalle

Abbildung 1: Zu sehen ist eine Luftaufnahme inkl. Markierungen der Gebäude der Verbandsgemeinde. (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung)

IST-Analyse der Ausgangssituation

Große Sporthalle



Abbildung 2: Die Große Sporthalle, zu sehen vom Parkplatz Ewiger Weg südlich der Sporthalle (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Die große Sporthalle befindet sich am Nord-Westlichsten Punkt des Schulzentrums. Sie ist die einzige betrachtete Liegenschaft westlich der Kirburger Straße.

Das Gebäude wurde im Jahr 1981 erstellt. Es umfasst eine Nettogrundfläche von 2.843 m².

Beheizt wird das Gebäude durch eine Gas-Heizung der Firma Viessmann. Es handelt sich um einen Viessmann Paromat-Triplex Niedertemperaturkessel aus dem Jahr 1999. Die Nennwärmeleistung beträgt 285 kW. Angeschlossen an diesen Kessel ist ein Brenner der Firma Weishaupt. Hier handelt es sich um das Modell WG40N/1-A. Dieser kann eine Leistung von 50 bis 550 kW erbringen.

Die Gasanlage versorgt mehrere Lüftungsgeräte aus dem Jahr 1981, sowie die Trinkwassererwärmung für die Duschen des Gebäudes.

Ebenso werden Heizkörper in den Aufenthaltsräumen des Gebäudes versorgt.

Ein Belegungsplan der Halle lag nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese, besonders in den kälteren Monaten regelmäßig genutzt wird. Die Umkleiden dienen auch für den außenliegenden Sportplatz, daher ist hier von einer durchgehenden Frequentierung durch Schule und Sportvereine auszugehen.

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die vergangenen Jahre angegeben

- 2019 - 283.817 kWh
- 2020 - 203.296 kWh
- 2021 - 243.675 kWh

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 243.596 kWh.

Sämtliche Komponenten der Energieerzeugung/ Umwandlung sind sichtlich alt und nicht mehr Stand der Technik. Ein Austausch wurde bereits durch den zuständigen Energieberater empfohlen. Lediglich der Warmwasser-Speicher und die Regelung der Anlage haben den optischen Anschein einer modernen zeitgerechten Anlage.

Jugendverkehrsschulung

Das Gebäude der Jugendverkehrsschule liegt nördlich, abseits der restlichen Gebäude. Das Baujahr des Gebäudes ist nach Angaben der Verbandsgemeinde 2006. Die Beheizung des Gebäudes wurde ebenso auf 2006 datiert. Das ca. 80 m² große Gebäude wird durch eine Paradigma Gasbrennwerttherme vom Typ Modula II 2-10 beheizt. Das Gerät kann eine Leistung von 11,6 kW erbringen. Die genaue Auslegung liegt nicht vor.

Das Gebäude besteht lediglich aus einer Garage, einem Schulungsraum, sowie dem Heizraum und zwei WC-Anlagen für die Schüler. Es findet eine unregelmäßige Belegung statt, da diese sehr stark wetterabhängig ist und zudem nur einen geringen Teil der schulpflichtigen Kinder umfasst.

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die vergangenen Jahre angegeben

• 2019	-	4.531 kWh
• 2020	-	4.139 kWh
• 2021	-	9.792 kWh



Abbildung 3: Das Gebäude der Verkehrsschulung, zu sehen vom Durchgangsweg. (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 6.154 kWh.

Die Anlage erscheint nach optischer Begutachtung als modern, jedoch überdimensioniert. Ein Austausch der Anlage wäre vermutlich nicht wirtschaftlich.

Marie-Curie-Realschule Plus

Die Marie-Curie-Realschule Plus besteht aus mehreren Gebäuden. Das älteste Gebäude ist aus dem Baujahr 1968. Von diesem Zeitpunkt an wurde sie durchgehend erweitern und erneuert. Die gesamte Liegenschaft umfasst insgesamt 14.977 m² beheizte Nettogrundfläche.

Eine zentrale Wärmeversorgung wurde 2018 neu installiert im Erdgeschoss des Gebäude 12. Sie dient der Wärmeversorgung der Gebäude 4-13). Es wurde ein Öl- und ein Gaskessel installiert (s. Kapitel Gebäude 12, 13, kleine Sporthalle).

Folgende Erdgas- und Öl-Verbräuche wurden für die vergangenen Jahre angegeben

2019	-	Erdgas	1.462.801 kWh	-	Öl	30.770 kWh
2020	-	Erdgas	1.409.295 kWh	-	Öl	56.700 kWh
2021	-	Erdgas	1.701.549 kWh	-	Öl	Keine Angaben

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel Öl von 43.735 kWh und Gas von 1.524.548 kWh.

Zwischen den Gebäuden existieren Versorgungsschächte, die fast jedes Gebäude der Liegenschaft verbinden. In der folgenden Abbildung 4 ist der grobe Leitungsverlauf der Versorgungsschächte zu sehen.

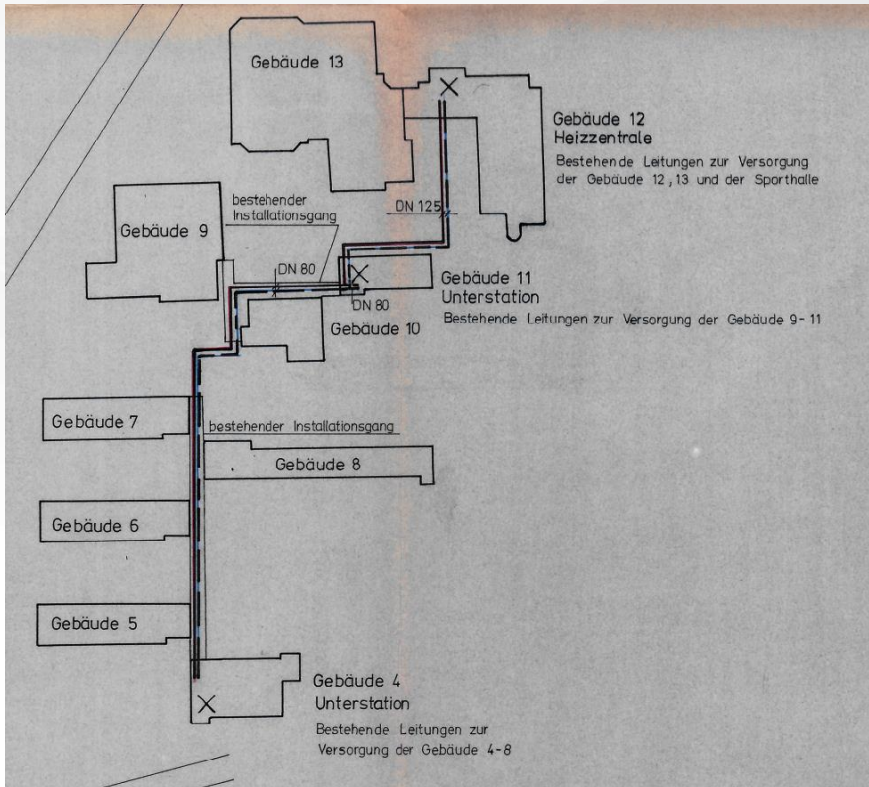


Abbildung 4: Ausführungsplan der Wärmeversorgung zwischen den Gebäuden der Marie-Curie-Realschule-Plus (Ingenieurbüro für Gebäudetechnik, 06/1985)

Gebäude 4, 5, 6, 7, 8



Abbildung 5: Gebäude 4 der Marie-Curie-Realschule plus. Ansicht der Westseite inkl. Tür zur Unterstation (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Die Gebäude 4, 5, 6, 7 und 8 sind die südlichsten Gebäude der Liegenschaft. Sie werden versorgt von der Unterstation im Gebäude 4.

Im Raum der Unterstation kommen die Leitungen aus der Heizzentrale durch einen offenen Versorgungsschacht an (s. Abbildung 4).

Aus den vor Ort aufgenommenen Daten ist zu entnehmen, dass diese Unterstation aus dem Jahr 1985 stammt. Lediglich die Pumpen wurden im Laufe der Jahre sukzessiv erneuert.

Gebäude 9

Der Versorgungsschacht, welcher in den Raum der Unterstation mündet, schließt zum Gebäude 11 an. Die Dämmung im Versorgungsschacht wirkt modern, ist jedoch vermutlich über 20 Jahre alt. Die Unterstation des Gebäudes versorgt die Heizkörper des Gebäudes sowie einige nicht mehr aktive Lüftungsanlagen des Gebäudes.



Abbildung 6: Gebäude 9 der Marie-Curie-Realschule Plus. Haupteingang von der Ostseite aus gesehen (Eigene Aufnahme, 08/2022)

Gebäude 10, 11



Die Unterstation für die Versorgung der Gebäude 10 und 11 befindet sich im Keller unter dem Gebäude 11. Die Unterstation ist durch Versorgungsschächte mit den Gebäuden 9 und 12 verbunden.

Der vorhandene Wärmetauscher wurde augenscheinlich erneuert. Der bestehende Verteiler scheint, bis auf die Pumpen, aus der Zeit der Errichtung des Gebäudes (1968) zu stammen.

Zusätzlich befindet sich ein großer Lagerraum offen am Raum der Unterverteilung.

Auf dem Dach des Gebäudes 10 befinden sich zwei PV-Module mit insg. 1.376 Wp und einer Fläche von 26,24 m². Der erzeugte Strom dieser Anlage wird vollständig eingespeist. Es existiert eine digitale Anzeige, welche die aktuelle Erzeugung der Anlage anzeigt. Die Einspeisevergütung und das Jahr der Inbetriebnahme sind nicht bekannt.

Abbildung 7: Gebäude 11 der Marie-Curie-Realschule Plus. Zu sehen ist der Haupteingang des Gebäudes sowie die Tür zum Keller zwischen den Gebäuden 10 und 11 (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Gebäude 12, 13, kleine Sporthalle



Abbildung 8: Zu sehen ist der Haupteingang des Gebäudes 13 (Forum) der Marie-Curie-Realschule Plus. Durch dieses Gebäude ist die Haupt-Heizzentrale der Liegenschaft zu erreichen (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Die Gebäude 12, 13 (Forum) und kleine Sporthalle werden vom Gebäude 13 aus versorgt. Die Gebäude befinden sich im nördlichen Teil der Liegenschaft.

Die Frischwasser-/ Warmwasser-Versorgung erfolgt aus der Heizzentrale im Gebäude 13 heraus. Die Anlagenkomponenten der Firma Viessmann wirken neuwertig, das genaue Einbaudatum konnte nicht geklärt werden.

Die zur Versorgung der ganzen Liegenschaft vorhandenen Heizanlagen wurden 2017 neu errichtet. Es handelt sich um einen Vitoplex 300 Öl-Heizkessel mit einer Nennwärmeleistung von 500 kW. Angeschlossen an diesen Kessel ist ein Brenner der Firma Weishaupt. Hier handelt es sich um das Modell WL40Z-A. Dieser kann eine Leistung von 145 bis 570 kW erbringen.

Der überwiegende Teil der Wärme wird jedoch von einem Gas-Brennwertgerät erzeugt. Hier wurde im Jahr 2017 ein Vitocrossal 300 ein Gas-Brennwertheizgerät mit 720 kW installiert. Angeschlossen an diesen Kessel ist ein Brenner der Firma Weishaupt. Hier handelt es sich um das Modell WM-G10/3-A. Dieser kann eine Leistung von 100 bis 1.000 kW erbringen.

Die kleine Sporthalle wird ebenfalls vom Gebäude 12 aus versorgt. Der genaue Leitungsverlauf ist unbekannt, läuft jedoch vermutlich unter dem Schulhof zwischen Sporthalle und Gebäude 12. In der Sporthalle befindet sich ein moderner Warmwasserspeicher für die Versorgung der Umkleiden/Nasszellen.

Auf dem südlichen Dach der kleinen Sporthalle ist eine PV-Anlage montiert. Diese gewinnt Energie für den Eigenverbrauch und Einspeisung.



Abbildung 9: Die Zugangstüren der kleinen Sporthalle auf der Rückansicht ebendieser (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Tabelle 1: Jahresübersicht der PV-Anlage „kleine Sporthalle“ (VG Bad Marienberg, 05/2022)

Jahr	2018	2019	2020
Erzeugung	47.307 kWh	49.479 kWh	53.815 kWh
Eigenverbrauch	35.246 kWh	38.323 kWh	39.001 kWh
Einspeisung	12.061 kWh	11.156 kWh	14.814 kWh
Eigenverbrauchanteil	75%	77%	72%

Ehemalige Hausmeisterwohnung



Die ehemalige Hausmeisterwohnung befindet sich seit längerem im Umbau. Das Untergeschoss wird als Ersatz-Gruppenraum des Kindergartens genutzt. Das Obergeschoss steht leer und wird nicht genutzt. Die Grundfläche wird auf 160 m² geschätzt.

Laut Auskunft der Projektbearbeiter der Verbandsgemeinde Bad Marienberg fiel dieses Gebäude durch einen hohen Energieverbrauch auf. Die Gasverbräuche betragen laut Angaben der Verbandsgemeinde:

2020	-	11.865 kWh
2021	-	19.195 kWh
2022	-	14.637 kWh

Abbildung 10: Ehemalige Hausmeisterwohnung (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Zum Beheizen des Gebäudes ist im Obergeschoss eine Gastherme der Firma Viessmann verbaut. Es handelt sich um das Gerät Viessmann Pendola PUL 24 mit einem Wärmeleistungsbereich

von 10,5 bis 24 kW.

Grundschule Wolfsteinschule



Abbildung 11: Haupteingang der Grundschule Wolfsteinschule (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Die Grundschule Wolfsteinschule wurde im Jahr 1983 erbaut und im Laufe der Jahre erweitert. Die Nettogrundfläche des gesamten Gebäudes beträgt 3.817 m².

Das Gebäude ist unterteilt in Alte Schule, Neubau und ehemaliges Schwimmbad. Die gesamte Wärmeversorgung wurde im Jahr 2010 erneuert. Zur Beheizung befindet sich im von außen zugänglichem Keller ein Gas-Brennwertkessel der Firma Viessmann. Hier wurde 2010 ein Vitocrossal 100 mit einer Leistung von 43 bis 170 kW eingebaut.

Die Verteilung der Heizkreise erfolgt in die oben genannten Gebäudeteile Alte Schule, Neubau und ehemaliges Schwimmbad (welches jetzt die Sporthalle beinhaltet).

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die vergangenen Jahre angegeben

2019	-	248.232 kWh
2020	-	203.296 kWh
2021	-	354.172 kWh

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 268.567 kWh.

Städtischer Kindergarten



Abbildung 12: Der Städtische Kindergarten in der Pestalozzi-
 zistraße. Gesehen vom Fußweg zum Busbahnhof aus südlicher
 Ansicht. (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Der Städtische Kindergarten wurde im Jahr 1972
 errichtet. Er erhielt im Jahr 2010 einen Anbau im
 nördlichen Teil.

Mittlerweile umfasst das Gebäude eine Netto-
 grundfläche von 1.594 m².

Die Heizungsanlage des Gebäudes wurde im Jahr
 2016 erneuert.

Es handelt sich um ein Viessmann Vitodens 200
 Gas-Brennwert-Wandgerät.

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die ver-
 gangenen Jahre angegeben

2019 -	160.196 kWh
2020 -	141.668 kWh
2021 -	162.863 kWh

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 154.909 kWh.

Auf dem kompletten Dach des Neubaus sowie ei-
 nem kleinen Teil des Durchgangs zum Neubau sind
 Photovoltaik Module verbaut. Diese Anlage wurde

2012 errichtet und erbringt eine Leistung von 21,6 kW. Der erzeugte Strom Direkteingespeist.

Tabelle 2: Jahresübersicht der PV-Anlage „Städtischer Kindergarten“ (VG Bad Marienberg, 07/2023)

Jahr	2019	2020	2021	2022
Erzeugung	20.531 kWh	21.110 kWh	18.860 kWh	21.749 kWh
Einspeisung	20.531 kWh	21.110 kWh	18.860 kWh	21.749 kWh
Eigenverbrauchanteil	0%	0%	0%	0%

Verbandsgemeindeverwaltung

Das Gebäude der Verbandsgemeindeverwaltung befindet sich im südlichen Gebiet Verwaltungs- und Schulzentrums.
 Die geschätzte Grundfläche des Gebäudes beträgt 3.160 m². Es wurde 2001 errichtet. Auf 3 Etagen befinden sich Büro
 und Versammlungsräume. Das Kellergeschoss dient lediglich als Archiv, Abstellfläche und umfasst zusätzlich den Heiz-
 raum.

Die Verbandsgemeindeverwaltung wird beheizt durch einen Viessmann Vertomat Gas-Brennwertheizkessel mit einer
 Nennwärmeleistung von 130 kW. Ebenso befindet sich im Heizkeller des Verwaltungsgebäudes ein ungenutztes Gas-
 Blockheizkraftwerk der Marke Senertec. Dieses ist mit einer Nennwärmeleistung von 11,8 bis 12,5 kW angegeben. Die
 elektrische Nennleistung beträgt 5,5 kW.

Die Verteilung der Heizung erfolgt in die Heizkreise Nord, Süd, Fußbodenheizung und Lüftungsanlage.

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die vergangenen Jahre angegeben

2019 -	242.244 kWh
2020 -	202.228 kWh
2021 -	223.825 kWh

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 222.766 kWh.

Geschäftsführer:
 Dipl.-Ing. (FH) Darius Nurischad
 Torsten Schöw, Betriebswirt (HWO)

Jeder der drei Flügel des Verwaltungsgebäudes besitzt auf dem Dach Photovoltaik. Diese Anlage wurde im Jahr 2018 installiert. Die gewonnene Energie wird für den Eigenverbrauch sowie zur Einspeisung genutzt.

Tabelle 3: Jahresübersicht der PV-Anlage „Verbandsgemeindeverwaltung“ (VG Bad Marienberg, 05/2022)

Jahr	2019	2022
Erzeugung	89.137 kWh	99.918 kWh
Eigenverbrauch	25.681 kWh	33.861 kWh
Einspeisung	63.456 kWh	66.057 kWh
Eigenverbrauchanteil	29%	34%

Stadthalle



Abbildung 13: Die Stadthalle Bad Marienberg. Zu sehen ist der Haupteingang von der Kirburger Straße aus (Eigene Aufnahme, 05/2022)

Die Stadthalle Bad Marienberg umfasst eine Netto-grundfläche von ca. 760 m². Die Anlage zur Beheizung befindet sich im Keller, welcher nur durch einen Zu-gang zu erreichen ist, welcher sich in der südlichen Außenwand des Gebäudes befindet.

Die Anlage versorgt sowohl die Heizflächen des Ge-bäudes als auch eine Lüftungsanlage mit Wärme. Verbaut ist ein Gas-Brennwertgerät der Firma Viess-mann. Es handelt sich um das Modell Vitocrossal 200 mit einem Leistungsbereich von 75 bis 225 kW aus dem Baujahr 2017.

Zusätzlich ist ein Viessmann 350 Liter Speicher-Was-sererwärmer installiert.

Folgende Erdgas-Verbräuche wurden für die vergan-gen Jahre angegeben

2019	-	114.085 kWh
2020	-	106.007 kWh
2021	-	115.567 kWh

Es ergibt sich ein Jahres-Mittel von 111.886 kWh.

Ein Belegungsplan der Stadthalle lag nicht vor, jedoch ist aus der Steuerung des Gerätes zu erkennen, dass die Anlage jeden Tag im selben Programm fährt, egal ob eine Veranstaltung stattfindet oder nicht.

Zusammenfassung

Tabelle 4: Übersicht über die Gebäude (Eigene Erstellung, 07/2023)

Gebäude	Baujahr Anlage	Brenn- stoff	Anlage	Trinkwas- ser	Photovol- taik	Heiz- kreise
Verbandsgemeinde- verwaltung	2001	Gas	Viessmann Veromat	Ja	Ja	4
	2001	Gas	Senertec Dachs (Außer Betrieb)			
Städtischer Kindergar- ten	2016	Gas	Viessmann Vitodens 200	k.A.	Ja (unbe- kannt)	3
Grundschule Wolf- steinschule	2010	Gas	Viessmann Vitocrossal 100	Nein	Ja (unbe- kannt)	3
Marie-Curie-Real- schule Plus	2017	Gas	Viessmann Vitocrossal 300	Ja	Nein	21 ¹
	2017	Öl	Viessmann Vitoplex 300			
Große Sporthalle	1999	Gas	Viessmann Paromat-Triplex	Ja	Nein	4
Jugendverkehrsschu- lung	2006	Gas	Paradigma Modula II	Nein	Nein	1
Stadthalle	2017	Gas	Viessmann Vitocrossal 200	Ja	Nein	2
Ehem. Hausmeister- wohnung	k.A.	Gas	Viessmann Pendola PUL 24	Nein	Nein	1

¹ Verteilung der Heizkreise auf 6 Unterverteilungen.

Unterverteilung Kleine Sporthalle: 2 Heizkreise
Unterverteilung Gebäude 12: 2 Heizkreise
Unterverteilung Forum: 4 Heizkreise
Unterverteilung Gebäude 11: 2 Heizkreise
Unterverteilung Gebäude 9: 4 Heizkreise
Unterverteilung Gebäude 4: 7 Heizkreise

Energetische Analyse des Energieverbrauchs

Tabelle 5: Berechnung der spezifischen Verbräuche anhand der gegebenen Daten (Eigene Erstellung, 07/2022)

Gebäude	Bau-jahr		Verbrauch 2019 [kWh]	Verbrauch 2020 [kWh]	Verbrauch 2021 [kWh]	durchschn. Verbrauch pro Jahr	NF m ²	spez. Ver- brauch [kWh/m ²]
Verbandsgemeinde- verwaltung	2001		242.244	202.228	223.825	222.766	3.160	70
Städtischer Kinder- garten	1972		160.196	141.668	162.863	154.909	1.594	97
Grundschule Wolf- steinschule	1983		248.232	203.296	354.172	268.567	3.817	70
Marie-Curie-Real- schule plus	1968	Erdgas	1.701.549	1.409.295	1.462.801	1.524.548	14.977	105
		Öl	-	56.700	30.770	43.735		
Große Sporthalle	1981		243.675	166.561	283.817	231.351	2.843	81
Jugendverkehrs- schulung	2006		9.792	4.139	4.531	6.154	80	77
Stadthalle	k.A.		114.085	106.007	115.567	111.886	760	147
Ehem. Hausmeister- wohnung	k.A.			11.865	19.195	15.232 ²	160	95

Aus der vorangegangenen Tabelle 5 und folgenden Abbildung 14 ist ersichtlich, dass der Endenergieverbrauch der Wärme der Gebäude im schlechteren mittleren Bereich befindet. Besonders die Stadthalle fällt durch ihren energetisch schlechten Zustand hier ins Auge.

Energetisch gesehen ist die Gebäudehülle aller Gebäude sanierungsbedürftig.

Aufgrund der Baujahre und dem Sanierungsstandard der Gebäude kann prinzipiell die Fassade, Dachfläche und Fensterfläche als größter Punkte für Energieeinsparungen genannt werden. Um dies jedoch genau zu fixieren, sollte eine Begehung der Gebäude durch einen Experten durchgeführt werden, der sich auf die Gebäudehülle spezialisiert. In diesem Bericht wurde der Fokus auf die Wärmeerzeugung gelegt.

² Der Verbrauch wurde aus den Daten 2020, 2021 und 2022 gemittelt. Die Daten wurden im Juli 2023 übersendet. Der Verbrauch 2022 Betrug 14.637 kWh und ist im Kapitel Ehemalige Hausmeisterwohnung gelistet.

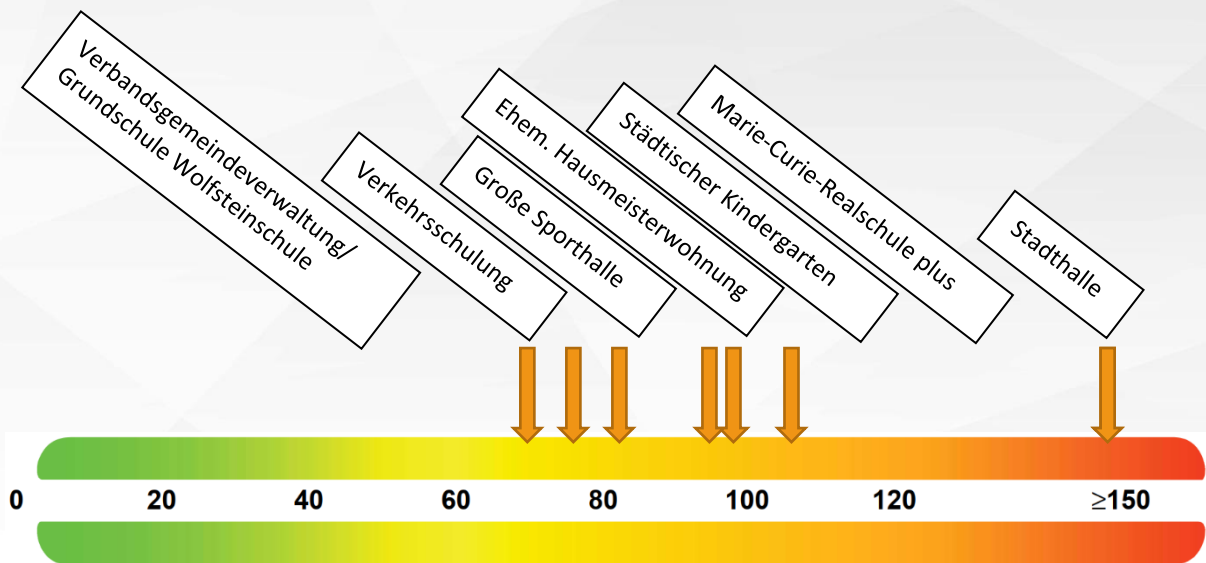


Abbildung 14: Abbildung des durchschnittlichen spezifischen Endenergieverbrauchs der Wärme der letzten 3 Jahre in kWh/m². (Eigene Erstellung, 08/2022)

Abstimmung mit anderen Bauvorhaben

Neubau Feuerwache

Derzeit ist der Bau einer neuen Feuerwache in Bad Marienberg geplant. Die Planung befindet sich noch in einer frühen Phase, daher ist bisher nur der mögliche Standort der Feuerwache geplant. Vorgesehen ist der nördlichste Punkt der Kirburger Straße am Ortsausgang rechts über den aktuellen Parkplätzen „alter Busplatz“. Auf Grund der großen Entfernung zur geplanten Heizzentrale, sowie dem zu erwartenden sehr niedrigen Energieverbrauch des Gebäudes ist die Anbindung an das Nahwärmenetz aus Sicht des AN nicht sinnvoll.

Alternativ empfehlen wir das zukünftige Gebäude mit Flächenheizungen auszustatten und einen modernen Wärmeerzeuger (z.B. dezentrale Wärmepumpe) zu installieren.

Weitere Bauvorhaben

Derzeit sind keine weiteren Bauvorhaben bekannt. Das Nahwärmenetz wurde im Kapitel „Technische Auslegung“ ab Seite 19 grob geplant. In dieser Variante wurde versucht möglichst wenig Straße zu kreuzen/ zu schneiden. Sollten die Straßen und Parkflächen des Schul- und Verwaltungszentrums in den kommenden Jahren neu gemacht werden, so könnte die Verlegung unter diesen Flächen realisiert werden, um solche Synergien den Bauvorhaben herzustellen. Laut Medien liegt in der gesamten Stadt bereits Glasfaser. Eine Zusammenarbeit in dieser Sache ist somit nicht mehr möglich und muss beim Erstellen der Gräben berücksichtigt werden.

Kontaktaufnahme mit betroffenen Akteuren

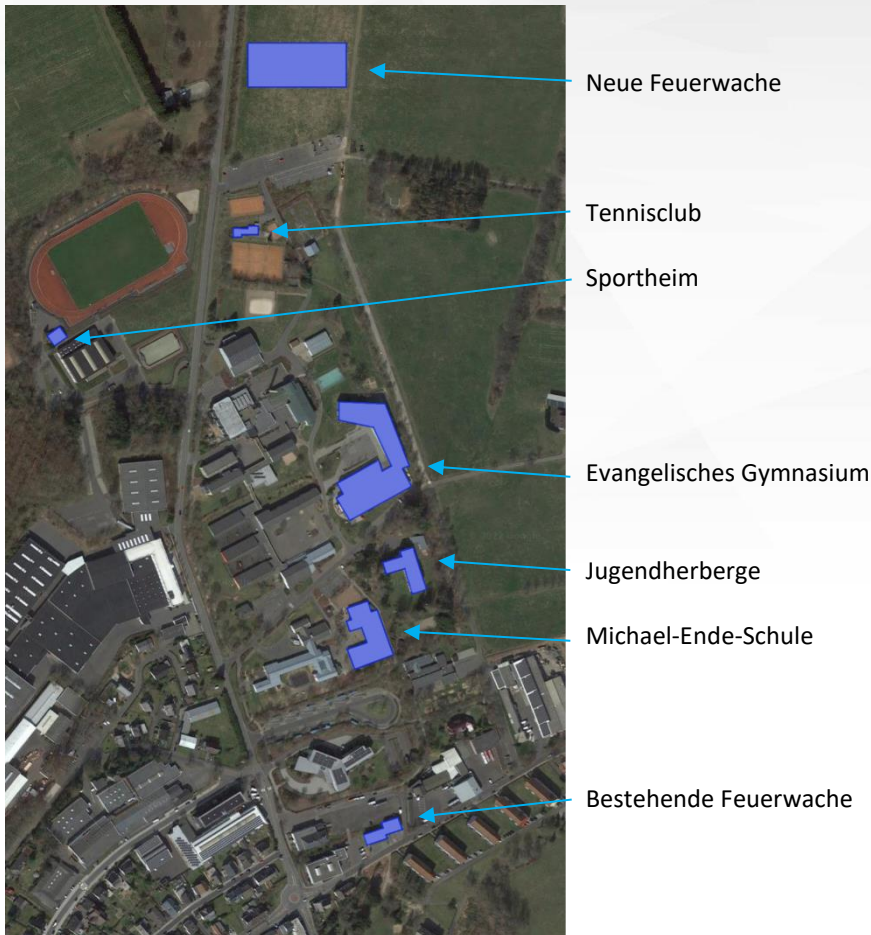


Abbildung 15: Zu sehen ist eine Luftaufnahme des Schul-/ Verwaltungsbezirks inkl. der in blau markierten Gebäuden, für welche ein mögliches Nahwärmenetz interessant wäre. (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung)

Neben den bereits betrachteten Gebäuden in Trägerschaft der Verbandsgemeinde sowie der Stadt Bad Marienberg, befinden sich weitere potenzielle Anschlussnehmer im Plangebiet.

Nördlich des Schulzentrums auf der „grünen Wiese“ ist ein Neubau des Feuerwehrgerätehauses Bad Marienberg vorgesehen. Die Planungen für das neue Gebäude sind noch nicht abgeschlossen, daher ist der Beginn der erforderlichen Baumaßnahmen noch nicht absehbar. Die Verbandsgemeinde Bad Marienberg als Bauherr steht dem Anschluss des neuen Feuerwehrgerätehauses an ein Nahwärmenetz positiv entgegen.

Die Gebäude des Tennisclubs und des Sportvereins (Sportlerheim) befinden sich beide auf Grundstücken der Stadt Bad Marienberg. Der Anschluss des Sportlerheims würde sich aufgrund der Angrenzung an die Dreifach-Sporthalle anbieten. Das Gebäude des Tennisclubs sollte aufgrund seiner geringen Größe nur angeschlossen werden, wenn auch Leitungen zum neuen Feuerwehrgerätehaus verlegt werden.

Drei größere Gebäudekomplexe sind östlich der Realschule plus bzw. der Grundschule gelegen. Das evangelische Gymnasium befindet sich in Trägerschaft der Evangelischen Kirche. Die Michael-Ende-Schule ist eine Förderschule des Westerwaldkreises, die daneben gelegene Jugendherberge ist in Eigentum des gemeinnützigen eingetragenen Vereins „Deutsches Jugendherbergswerk Landesverband Rheinland-Pfalz/Saarland e.V.“ Mit Blick auf die Klimaschutzziele des Landes Rheinland-Pfalz, würden die Gebäude von einer gemeinsamen Nahwärmelösung profitieren.

Bei dem derzeit noch genutzten Feuerwehrgerätehaus neben der Stadthalle, ist die Weiterverwendung des Gebäudes nach Fertigstellung des Neubaus noch ungewiss. Ein Anschluss des alten Gebäudes an das Nahwärmenetz ist daher zum jetzigen Zeitpunkt wenig sinnvoll. Es sollte erst geklärt werden, ob und wie das Gebäude künftig weiterverwendet werden soll.

Eine Interessensabfrage der genannten Gebäude soll erst nach einem Grundsatzbeschluss der Gremien der Verbandsgemeinde Bad Marienberg erfolgen. Der Grundsatzbeschluss wird auf Grundlage dieser Machbarkeitsstudie getroffen, jedoch lediglich mit Betrachtung der in Abbildung 1 markierten Gebäude. Der Anschluss weiterer Teilnehmer gilt als zusätzliche Möglichkeit zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Netzes.

Technische Auslegung

Nahwärmenetz

Im Schul- und Gemeindezentrum Bad Marienberg wird die Realisierung eines Nahwärmenetzes betrachtet, welches fast alle der oben genannten Gebäude verbinden würde.

Auf Grund der Distanz zur Verkehrsschulung sowie deren geringen Heizbedarfs wurde das Gebäude von der Anbindung an dieses Nahwärmenetz exkludiert. Eine wirtschaftliche Betrachtung wird dort, ohne Anbindung der Tennisschule und des Neubaus der Feuerwache, nicht möglich sein.

Sollte die verbaute Gasbrennwerttherme der Verkehrsschulung am Ende ihrer Lebensdauer getauscht werden müssen, empfiehlt sich dort, eine zeitgemäße Anlage auf Basis erneuerbarer Energien einzubauen. Als mögliche Option sticht hier eine Wärmepumpe heraus.

Falls jedoch die Anbindung der neuen Feuerwache gewünscht ist, so kann je nach Verlauf des Nahwärmenetzes ein Anschluss an das Gebäude betrachtet werden.

Der mögliche Verlauf eines Nahwärmenetzes ist in der Abbildung 16 skizziert.

Die in dieser Abbildung dargestellte Leitungsführung misst eine Länge von ca. 1.150 m, wobei ein größerer Teil der Leitungen in den vorhandenen Installationsschächten der Realschule Plus verlegt werden kann. Dies würde kostenintensive Erdarbeiten für die Verlegung minimieren.



Abbildung 16: Mögliches Nahwärmenetz im Schulzentrum Bad Marienberg (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung)

Die Heizlast des Nahwärmenetzes bei einer Auslegung von ca. 3.200 Volllastsunden pro Jahr beträgt ca. 950 kW, gerechnet wird mit einer witterungsgeführten Vorlauftemperatur von 76-80 °C und einem Rücklauf, welcher sich konstant auf 45°C einpendelt soll. Diese große Spreizung hat den Vorteil, dass das gesamte Rohrnetz deutlich verschlankt wird.

Um diese Heizlast zu decken, kommen im Wesentlichen drei zentrale Varianten in Betracht, welche im Folgenden weiter aufgeschlüsselt werden. Die Lage der Heizzentrale wird in allen Varianten an derselben Stelle geplant. Sie ist in Abbildung 16 grün markiert, sowie vergrößert in Abbildung 17 dargestellt, im Bereich des Parkplatzes südlich der kleinen Sporthalle.

Ziel der Leitungsführung war es wenig Straßen zu kreuzen. So wurde der Busbahnhof über die Grünflächen östlich von ihm umgangen.

Der Anschluss der Gebäude würde in den bestehenden Heizkellern entstehen. Als Wärmetauscher wird in jedes Gebäude mindestens ein großer Pufferspeicher zur Wärmeübergabe platziert. Von diesen Pufferspeichern können die Rohre an die bestehenden Verteiler der Gebäude angeschlossen werden. Sollten diese nicht genügend Abgänge besitzen, so müssen sie erweitert werden.

Der Einbau neuer Pumpen- und Regelungstechnik empfiehlt sich in diesem Zusammenhang, um den Energieverbrauch der Gebäude zu senken.

Variante A - 1:1 Tausch der Gasgeräte

Der 1:1 Tausch der Gas- und Ölanlagen durch neue effizientere Geräte ist die kostengünstigste Variante hinsichtlich der Investitionskosten. Alle 9 betrachteten Geräte auszutauschen, liegt inkl. Mehrwertsteuer bei etwas mehr als 160.000 €. Dies ist im Kapitel „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067“ auf Seite 27 der Tabelle 8 zu entnehmen.

Aus Gründen der CO₂-Neutralität wurde diese Variante jedoch nicht weiterverfolgt, da von fossilen Brennstoffen Abstand genommen werden möchte. Die Variante A dient somit nur zum Vergleich mit den folgenden Varianten.

Variante B - Pellet und Wärmepumpe

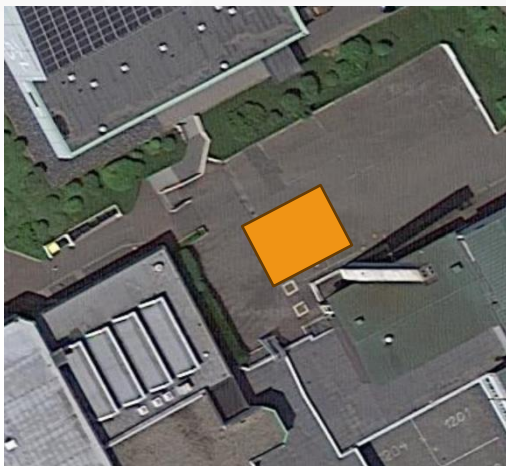


Abbildung 17: Möglicher Standort des Heizhauses (Google Maps, 2023, Eigene Bearbeitung)

Die Wärmeproduktion stützt sich in der Variante B auf ein bivalentes System aus Wärmepumpe und Pelletkessel. Wobei dieses zur Grundlast dient. In der Spitzenlast kann der vorhandene Gaskessel der Marie-Curie-Realschule-Plus unterstützen. Es ist sinnvoll die vorhandene Anlage weiter als Redundanzkessel zu nutzen, da diese im Jahr 2018 erst erneuert wurde und sich somit ein Austausch aus wirtschaftlichen Gründen ausschließt.

Die Wärmepumpe, mit einer Leistung von ca. 500kW kann in Containern untergebracht werden, welche im Außenbereich auf den Parkplätzen platziert werden.

Aufgebaut ist das System der Wärmepumpe zweiteilig aus dem Kernstück einer „normalen“ Wärmepumpe, welche Temperaturen von bis zu 60°C erzeugen kann, sowie einem nachgeschalteten „Booster“, welcher die Anhebung auf die gewünschten 76-80°C erzielt.



Abbildung 18: 500 kW Wärmepumpe (Hersteller, 2023)

Der sogenannter „Booster“ kann ebenfalls in Form eines Containers geliefert werden. Er kann neben dem Container der Wärmepumpe platziert werden und dieser nachgeschaltet werden. Dieser „Booster“ stellt die notwendige Temperatur von 76-80°C, je nach Außentemperatur bereit.

Ergänzend dazu wird in dieser Variante Beine Pelletanlage mit etwa 250 kW Leistung, welche ebenfalls auf der vorhandenen Parkfläche aufgestellt werden kann, in einem separaten Heizhaus untergebracht. Sollte eine Einbindung in das vorhandene Gebäude gewünscht sein, ist dies nach Auswahl dieser Variante in der konkreten Planungsphase zu berücksichtigen. Ebenso ist ein Teilrückbau der vorhandenen Öllagerstätten möglich, um Platz für die Pelletlagerung zu schaffen. Alternativ kann auch hier eine Containervariante zur Unterbringung des Anlagentechnik und des Pelletlagers in einem (wie im Folgenden dargestellt) gewählt werden.

Das gesamte System der Pelletanlage in dieser Variante ist in den folgenden Abbildungen dargestellt, mit den Maßen: H=7,28m/B=3,48m/T=8m.

Die in Abbildung 19 dargestellte Pelletanlage dient zur ersten Spitzenlastabdeckung während der Wintermonate. Um schlechte Arbeitszahlen bei der Wärmepumpe zu vermeiden. Somit übernimmt diese nur noch eine Teilanhebung der Vorlauftemperatur und die Pelletanlage den Rest.

Im Heizhaus platziert sind ebenso zwei Pufferspeicher mit je 4.180 l Volumen. Das Pellet-Lagervolumen beträgt ca. 28 t. Mit einem Verbrauch an 46 t pro Jahr ergeben sich daraus etwa 3 Anlieferungen pro Jahr.

In Abbildung 20 auf Seite 22 ist die Simulation der Jahresdauerlinie zu finden. Diese zeigt deutlich, dass die Wärmepumpe den Großteil der Grundlast decken kann. In der Simulation belaufen sich die Vollaststunden der Wärmepumpe auf 4.685 h, die Vollaststunden der Pelletanlage auf etwa 866 h. Die Gasanlage wird nur für die Spitzenlast zugeschaltet und kommt laut Simulation auf eine Betriebszeit von 16 Stunden.

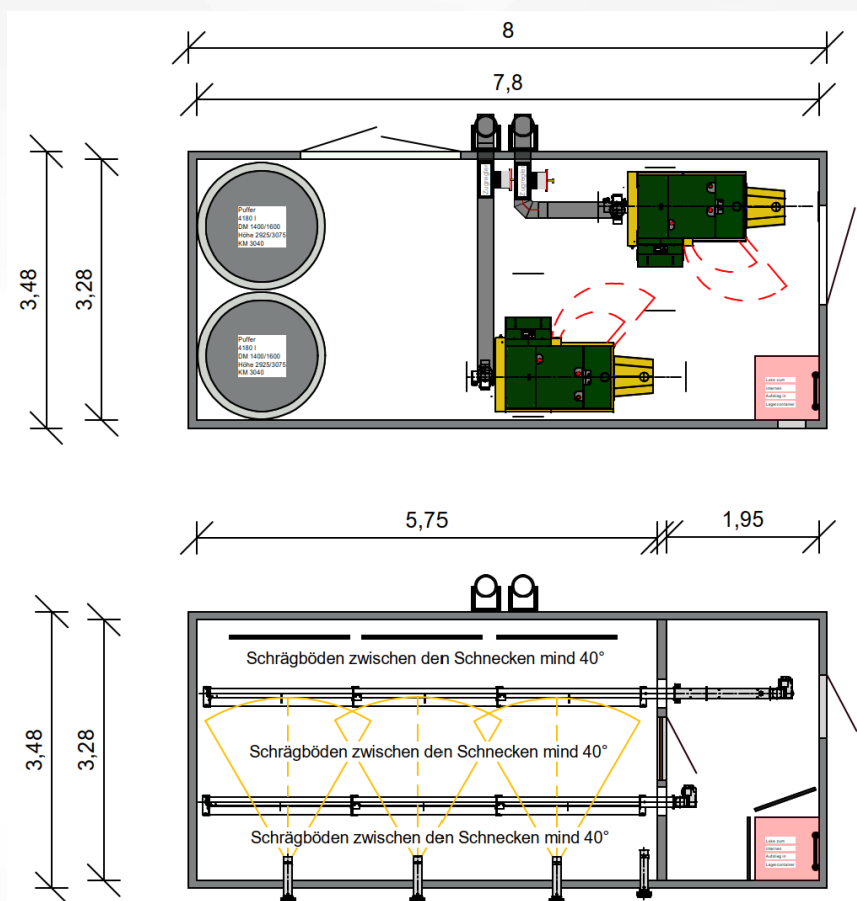


Abbildung 19: Zweistöckiges Pellet-Heizhaus. Im Erdgeschoss befinden sich die Pelletanlagen im Obergeschoss das Lager inkl. Schnecken. (Hersteller, 06/2023)

Tabelle 6: Ergebnisse der Simulation der Variante B – Pellet und Wärmepumpe (Eigene Erstellung, 06/2023)

Wärmeerzeuger	Rang	Nennleistung [kW]	Brennstoffverbrauch	Erzeugte Wärme [kWh]	Anteil [%]	Volllaststunden [h]
Wärmepumpe	Grundlast	500	Strom (Strommix): 780.760 kWh	2.342.281	91	4.685
Pelletkessel	Grundlast	250	Pellets: 44 t	216.500	8	866
Gaskessel (bestand)	Spitzenlast	720	Erdgas: 1.106 m ³	12.166	0	16

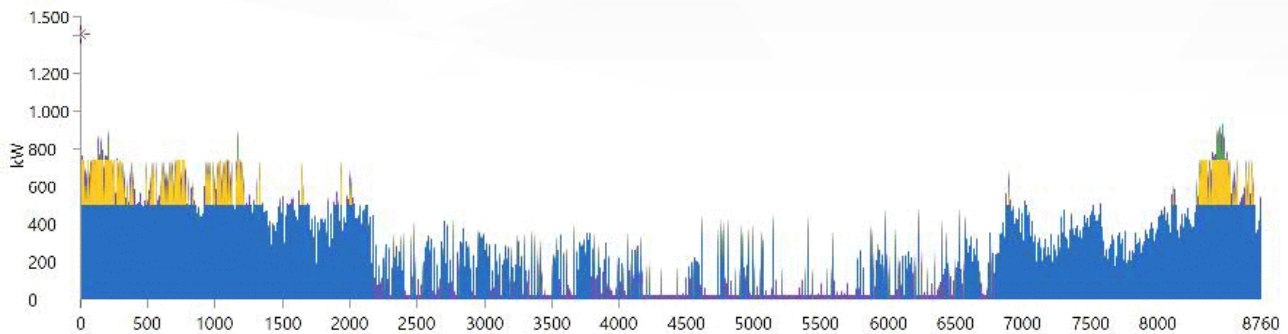


Abbildung 20: Jahresdauerlinie der Variante B Pellet und Wärmepumpe, inkl. der bestehenden Gasanlage. Wärmepumpe blau dargestellt, Pelletanlage gelb abgebildet, Gas grün dargestellt. Auf der X-Achse werden die Stunden/Jahr dargestellt, auf der Y-Achse die Leistung in kW. (Eigene Erstellung, 06/2023)

Variante C - Pellets

In der Variante C stützt sich die Wärmeproduktion auf drei der Pellet-Heizhäuser. Wobei diese zur Grundlast dienen. In der absoluten Spitzenlast kann der vorhandene Gaskessel der Marie-Curie-Realschule-Plus unterstützen. Wie in der Variante B ist es sinnvoll die vorhandene Anlage weiter zu nutzen, da diese im Jahr 2018 erst erneuert wurde und sich somit ein Austausch aus wirtschaftlichen Gründen ausschließt. Bei Defekt des Gaskessels sollte auch dieser gegen einen Wärmeerzeuger auf Basis erneuerbarer Energien ausgetauscht werden. Hierfür empfiehlt sich die Installation von Solarthermie auf den Containern oder den Bestandsgebäuden.

Wie in allen Varianten wird als Ort des möglichen Heizhauses der Parkplatz zwischen der Marie-Curie-Realschule-Plus und der kleinen Sporthalle gewählt.

Um die komplette Heizlast in der Variante C zu decken werden 3 der Heizhäuser, welche in Containerbauweise geliefert werden können, nebeneinandergesetzt. Der Grundriss, welcher in Abbildung 19 auf Seite 21 zu sehen ist würde drei Mal nebeneinander aufgebaut und somit eine Abmessung von $H=7,28\text{m}/B=10,44\text{m}/T=8\text{m}$ ergeben. Zu sehen in der Abbildung 21.

Die Gesamtleistung der Pelletanlage beläuft sich in Summe somit auf 750 kW.

Mit einem Verbrauch von 534 t pro Jahr ergeben sich etwa 25 Anlieferungen pro Jahr.

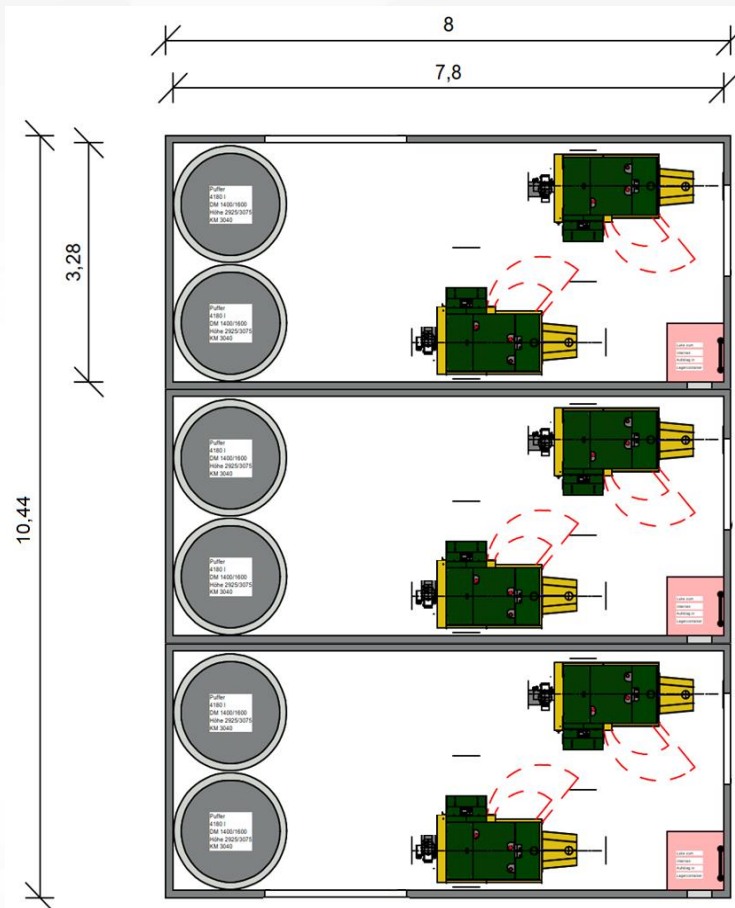


Abbildung 21: Möglicher Grundriss Erdgeschoss der reinen Pellet Variante. Abgasführung und Kesselposition müssten abgestimmt werden (Hersteller, 06/2023, Eigene Bearbeitung)

In Abbildung 22 auf Seite 24 ist die Simulation der Jahresdauerlinie zu finden. Diese zeigt deutlich, dass die Pelletanlage die Grundlast komplett decken kann, sowie die Spitzenlast zum größten Teil auch abfängt.

In der Simulation belaufen sich die Volllaststunden der Pelletanlage auf 3.415 h, die Volllaststunden der Gas-Anlage auf etwa 14 h.

Bei einer Verteilung von 99,59% auf die Pelletanlage und nur 0,41% auf die Gas-Anlage ist die Überlegung diese nur als Notfall-Anlage für den Ausfall aller drei Pelletanlagen bereit zu halten.

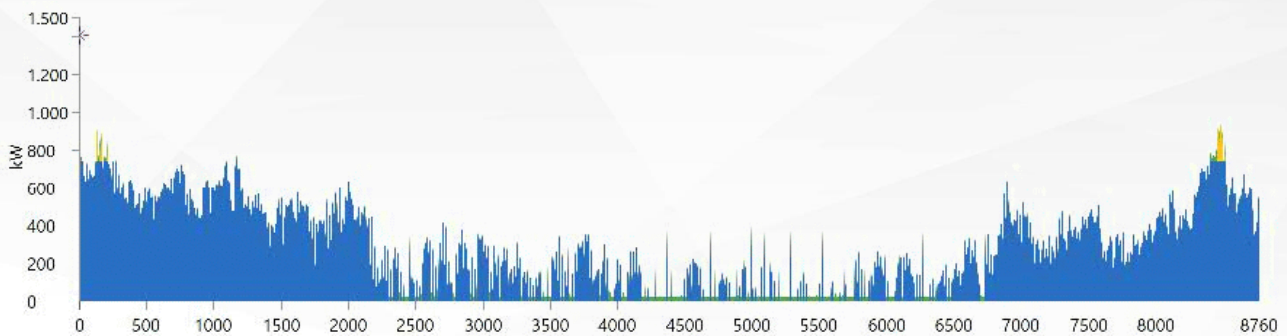


Abbildung 22: Jahresdauerlinie der Variante C Pellet, inkl. der bestehenden Gasanlage. Die Pelletanlage ist blau dargestellt, die vorhandene Gas-Anlage gelb abgebildet. Auf der X-Achse werden die Stunden/ Jahr dargestellt, auf der Y-Achse die Leistung in kW. (Eigene Erstellung, 06/2023)

Tabelle 7: Ergebnisse der Simulation der Variante C – Pelletanlage (Eigene Erstellung, 06/2023)

Wärmeerzeuger	Rang	Nennleistung [kW]	Brennstoffverbrauch	Erzeugte Wärme [kWh]	Anteil [%]	Volllaststunden [h]
Pelletkessel	Grundlast	750	Pellets: 523 t	2.561.047	100	3.415
Gaskessel (bestand)	Spitzenlast	720	Erdgas: 963 m3	10.592	0	14

Variante D – Sole/ Wasser Wärmepumpe

Das zu betrachtende Gebiet des Schul- und Verwaltungszentrums liegt hier laut Angaben des Landes Rheinland-Pfalz in einem Gebiet in dem die Antragszulassung gegeben falls mit Auflagen möglich ist. Das Gebiet liegt jedoch sehr nah an Gebieten, in denen es zu einer generellen Antragsablehnung kommt. Ein Ausschnitt der Karte ist in Abbildung 23 zu finden.

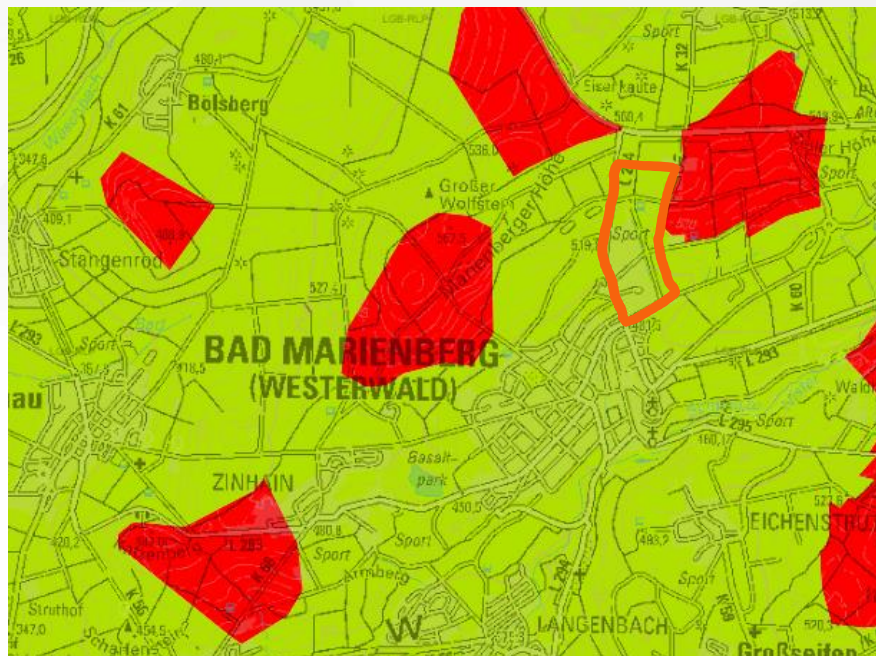


Abbildung 23: Standortbewertung zur Zulassung von Erdwärmesonden. In den roten Gebieten wird ein Antrag generell abgelehnt, in den grünen Gebieten ist die Antragstellung (ggf. mit Auflagen) möglich. In der orangenen umrandeten Fläche befindet sich das zu betrachtende Gebiet. (Landesamt für Geologie, 06/2023, Eigene Bearbeitung)

Ebenso wird auf der Website des Landesamts für Geologie im Geologie Viewer die Wärmeleitfähigkeit λ angegeben. Dieser liegt laut Angaben zwischen 1,0 - 1,2 W / (m * K).

Gemäß Erfahrungswerten (VDI 4640, diese gilt jedoch nur in kleineren Sondenfeldern) liegt der spezifische Entzugswert des Bodens bei 40 - 50 W / m. Um eine verlässliche Anzahl der Sonden festzulegen wurde der Wert mit

40 W / m für die Berechnung angesetzt. Ob die spezifische Entzugsleistung des Bodens diesen Wert jedoch wirklich erbringen kann, kann erst genau festgelegt werden, wenn eine Probebohrung die erforderlichen Auswertungen erbracht hat.

Die benötigte Wärmeleistung der Sole/ Wasser-Wärmepumpen ist mit 750 kW ausgelegt. Mit einem angenommenen und gängigen COP der Sole-/ Wasser-Wärmepumpen von 3,0, würde dem Boden somit eine Leistung von 187,5 kW entzogen werden müssen.

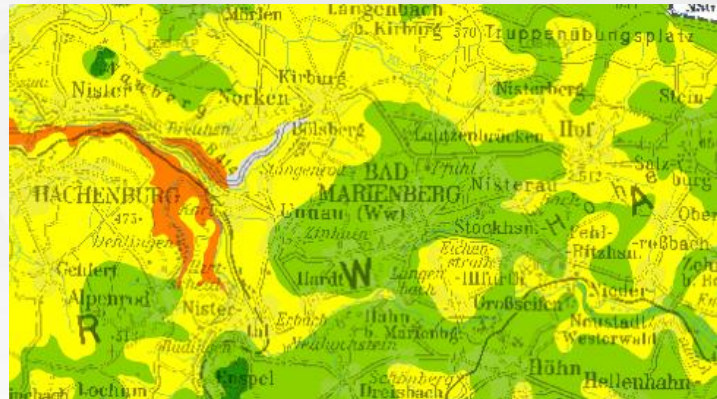


Abbildung 24: Wärmeleitfähigkeit des Bodens nach Angaben des Landesamtes für Geologie und Bergbau im Gebiet Bad Marienberg. Die Flächen im hellen Grünton bieten einen -Wert von 1,0 – 1,2 W / (m * K). (Landesamt für Geologie, 06/2023)

Mit den bereits genannten Werten kann somit die Länge der benötigten Sonden errechnet werden. Sie beläuft sich auf 4.688 Meter. Um das Genehmigungsverfahren zu vereinfachen, wird eine maximale Tiefe der Sonde von 100 m angenommen. Sollte diese Tiefe überschritten werden, so muss eine Prüfung durch das Landesamt für Geologie und Bergbau eingeholt werden.



Abbildung 25: Mögliche Positionierungen der 47 Sonden für die Sole/ Wasser-Wärmepumpe zwischen den Gebäuden der Marie-Curie-Realschule Plus und der Kirburger Straße (Google Maps, 06/2023, Eigene Bearbeitung)

die Wärmepumpe anschließen.

Somit ergeben sich 47 Sonden, welche im Gebiet des Schulzentrums und Verwaltungsgebiets platziert werden. Diese sollten aufgrund der Funktionalität in der näheren Umgebung der Sole/ Wasser-Wärmepumpe erstellt werden. Da sich in der Nähe des geplanten Heizhauses und des größten lokalen Heizraums in der Marie-Curie-Realschule keine nicht betonierten Freiflächen befinden müssten die Bohrungen auf dem Gebiet zwischen den Gebäuden der Marie-Curie-Realschule sowie zwischen der Realschule und der Kirburger Straße (L294) realisiert werden. Eine grobe Skizzierung inkl. Sicherheitsabstände sind in der Abbildung 25 zu entnehmen.

Die Anzahl der Bohrungen kann an allen Orten nur realisiert werden, wenn hierfür die Umgebung entsprechend vorbereitet wird. Vegetation muss entfernt werden und je nach geografischer Begebenheit des Untergrunds Zufahrtswege geschaffen und eingeebnet werden.

Um trotz der geringen System-Temperaturdifferenz einer Sole/ Wasser-Wärmepumpe die nötige Leistung zu gewinnen werden die Rohleitungen in dieser Variante auf einen großen Pufferspeicher im Heizhaus laufen, nachdem sie an

Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067

BEG-Förderung

Im Folgenden sind die ungefähren Investitionskosten der oben beschriebenen Varianten dargestellt. Die Kosten wurden anhand von Referenzangeboten abgeschätzt. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden verschiedene Förderungen geprüft. Die hier aufgeführte Förderung ergibt sich aus dem Förderprogramm Zukunftsfähige Energieinfrastruktur.

Tabelle 8: Kostenaufstellung für die Variante A, den 1:1 Tausch im Schulzentrum Bad Marienberg (Eigene Erstellung, 2023)

Variante A - 1:1-Tausch	€ netto	€ brutto
Gaskessel Große Sporthalle	16.000 €	19.040 €
Gastherme Jugendverkehrsschule	4.000 €	4.760 €
Gaskessel Marie-Curie- Realschule Plus	25.000 €	29.750 €
Ölkessel Marie-Curie- Realschule Plus	20.000 €	23.800 €
Gastherme Hausmeisterwohnung	4.000 €	4.760 €
Gaskessel Grundschule Wolfssteinschule	8.000 €	9.520 €
Gaskessel Städtischer Kindergarten	8.000 €	9.520 €
Gaskessel Verbandsgemeindeverwaltung	11.000 €	13.090 €
Gaskessel Stadthalle	12.000 €	14.280 €
unvorhergesehenes: 15%	16.200 €	19.278 €
Zwischensumme Herstellkosten	124.200 €	147.798 €
Honorar ca.	12.420 €	14.780 €
Förderung	- €	- €
Summe	136.620 €	162.578 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>136.620 €</i>	<i>162.578 €</i>

Tabelle 9: Kostenaufstellung für die Variante B, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit Pelletkessel und Wärmepumpe als Wärmeerzeuger inkl. BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 2023)

Variante B – Pellet und Wärmepumpe	€ netto	€ brutto
Pelletkessel 1x 250kW	183.399 €	218.245 €
1x Container (Lager + Technik)	65.623 €	78.091 €
Wärmepumpe 500kW	334.800 €	398.412 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Nahwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	164.148 €	195.336 €
Zwischensumme Herstellkosten	1.258.470 €	1.497.580 €
Honorar ca.	125.847 €	149.758 €
Förderung	- 299.515 €	- 299.515 €
Summe	1.084.802 €	1.347.823 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>1.384.317 €</i>	<i>1.647.338 €</i>

Tabelle 10: Kostenaufstellung für die Variante C, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger, inkl. BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 2023)

Variante C - Pellets	€ netto	€ brutto
Pelletkessel 3x 250kW	366.798 €	436.490 €
2x Container (Lager + Technik)	131.246 €	156.183 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Nahwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	83.782 €	99.700 €
Zwischensumme Herstellkosten	1.092.326 €	1.299.867 €
Honorare ca.	109.233 €	129.987 €
Förderung	- 259.973 €	- 259.973 €
Summe	941.585 €	1.169.881 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>1.201.558 €</i>	<i>1.429.854 €</i>

Tabelle 9: Kostenaufstellung für die Variante D, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einer Sole Wärmepumpe als Wärmeerzeuger, inkl. BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 2023)

Variante D - Sole Wärmepumpe	€ netto	€ brutto
Sole/Wasser Wärmepumpe	623.616 €	742.103 €
Tiefenbohrung	421.920 €	502.085 €
Probebohrung	40.000 €	47.600 €
Auslegung Sondenfeld/Response Test usw.	69.000 €	82.110 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Pufferspeicher	20.000 €	23.800 €
Pumpe/Rohr Tiefenbohrung	235.000 €	279.650 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Nahwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	156.830 €	186.628 €
Zwischensumme Herstellkosten	2.076.866 €	2.471.471 €
Honorare	207.687 €	247.147 €
Förderung	- 494.294 €	- 494.294 €
Summe	1.790.259 €	2.224.324 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>2.284.553 €</i>	<i>2.718.618 €</i>

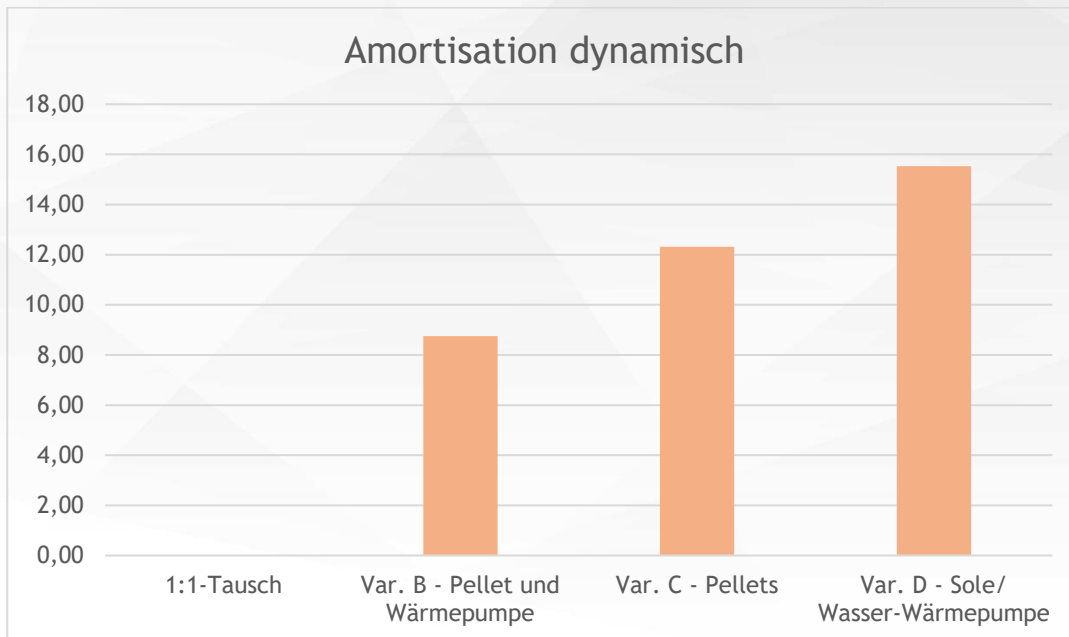


Abbildung 26: Amortisationsdauer dynamisch im Vergleich. Variante B mit 8,75 Jahren, Variante C mit 12,31 Jahren, Variante D mit 16,51 Jahren. Die hier aufgeführte Amortisation berücksichtigt die BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 06/2023)

In der Abbildung 26 ist die Amortisationsdauer der verschiedenen Varianten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass ein kaskadiertes System aus Wärmepumpe und Pelletkessel der Variante B sich mit ca. 8,75 Jahren am schnellsten amortisiert. Die reine Pelletanlage der Variante C liegt mit einer berechneten Amortisationsdauer von 12,31 Jahren deutlich über der Variante B. Von einer reinen Pelletanlage wäre somit in diesem Fall eher abzuraten.

Die Sole/ Wasser-Wärmepumpe rechnet sich nach 16,51 Jahren auch, jedoch sind dort die von dem Geodienst numerisch ermittelten Bodenrichtwerte zur Berechnung herangezogen worden. Ohne eine Probebohrung sind keine 100% verlässlichen Aussagen zu treffen. Aus Erfahrungen der Firma nwe Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG wird die spezifische Entzugsleistung des Bodens die benötigte Leistung nicht mit 47 Sonden erbringen.

Tabelle 11: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEG-Förderung. Teil 1 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 06/2023)

	Variante B - Pellet und Wärmepumpe	Variante C - Pellets	Variante D - Sole/ Wasser-Wärme- pumpe
Kosten der Maßnahme	1.647.338 €	1.429.854 €	2.718.618 €
abzgl. Förderung	-299.516 €	-259.973 €	-617.868 €
tatsächliche Investition / Mehrkosten	1.347.822 €	1.169.881 €	2.100.750 €
Preissteigerung Energie	2%	4%	1%
Preissteigerung Wartung	3%	3%	3%
Nutzungsdauer	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Energiepreis (Arbeit und Grundpreis)	0,0917 €/kWh	0,0863 €/kWh	0,1048 €/kWh
Kapitalzins	1%	1%	1%
Kreditzins	3%	3%	3%
Jahresbrennstoffbedarf	2.938.733 kWh	3.122.404 kWh	2.938.733 kWh
Bezeichnung			
Annuitätenfaktor	0,0554	0,0554	0,0554
Mittelwertfaktor der Energiever- teuerung	1,191	1,454	1,120
Jährliche Energiebezugskosten	228.980 €	229.175 €	261.771 €
Jährliche Kosten	228.980 €	229.175 €	261.771 €
mittl. Jährl. Energiekosten	272.797 €	333.128 €	293.158 €
Wartung und Unterhaltskosten			
Mittelwertfaktor der Wartungskosten	1,370	1,370	1,370
Jährliche Wartungs- und Betriebskosten	21.173 €	22.209 €	12.240 €
mittl. jährl. Wartungskosten	29.016 €	30.436 €	16.774 €
Kapitalkosten			
inkl. Förderungen	1.347.822 €	1.169.881 €	2.100.750 €
jährliche Kapitalkosten	89.700 €	77.858 €	139.809 €
Jahreskosten (dynamisch)			
Gesamtkosten im 1. Jahr	339.853 €	329.242 €	413.819 €
Jahreskosten	391.512 €	441.422 €	449.740 €
Kosten je MWh nach Erzeuger	141 €	141 €	162 €
Kosten je MWh Nutzenergiebezug	157 €	177 €	180 €
Zinsfaktor	1,010	1,010	1,010
Gesamtkosten über Nutzungsdauer	7.830.246 €	8.828.436 €	8.994.792 €

Tabelle 12: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEG-Förderung. Teil 2 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 06/2023)

Amortisation (dynamisch)			
jährl. Ersparnis	54.382 €	4.472 €	- 3.846 €
jährl. Energiekosteneinsparung	34%	19%	29%
jährl. Ersparnis ohne Kapitaldienst	133.262 €	71.510 €	125.143 €
jährl. Ersparnis statisch	39.538 €	38.307 €	15.680 €
Energiepreisteigerungsindex	1,017	1,035	1,011
Zinsfaktor	1,010	1,010	1,010
Investitionsmehrkosten	1.185.244 €	1.007.303 €	1.938.173 €
Kapitalwert	1.219.539 €	283.135 €	320.105 €
Barwert	2.404.783 €	1.290.438 €	2.258.278 €
Amortisationsdauer in Jahren, dynamisch	8,75	12,31	15,53
Amortisationsdauer, statisch	sofort	über 25 Jahre	über 25 Jahre
Interner Zinsfuß nach VDI 6025	4,05%	1,66%	0,66%
Gesamtkosten über Nutzungsdauer	7.830.246 €	8.828.436 €	8.994.792 €

BEW-Förderung

Im Folgenden sind die ungefähren Investitionskosten der oben beschriebenen Varianten dargestellt. Die Kosten wurden anhand von Referenzangeboten abgeschätzt. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden verschiedene Förderungen geprüft. Die hier aufgeführte Förderung ergibt sich aus dem Förderprogramm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ des BAFA.

Tabelle 13: Kostenaufstellung für die Variante B, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit Pellet-kessel und Wärmepumpe als Wärmeerzeuger inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)

Variante B - Var. B - Pellet und Wärmepumpe	€ netto	€ brutto
Pelletkessel 1x 250kW	183.399 €	218.245 €
1x Container (Lager+Technik)	65.623 €	78.091 €
Wärmepumpe 500kW	334.800 €	398.412 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Fernwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	164.148 €	195.336 €
Zwischensumme Herstellkosten	1.258.470 €	1.497.580 €
Honorar ca.	125.847 €	149.758 €
Förderung	- 599.032 €	- 599.032 €
Summe	785.285 €	1.048.306 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>1.384.317 €</i>	<i>1.647.338 €</i>

Tabelle 14: Kostenaufstellung für die Variante C, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger, inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)

Variante C - Var. C - Pellets	€ netto	€ brutto
Pelletkessel 3x 250kW	366.798 €	436.490 €
2x Container (Lager+Technik)	131.246 €	156.183 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Fernwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	83.782 €	99.700 €
Zwischensumme Herstellkosten	1.092.326 €	1.299.867 €
Honorare ca.	109.233 €	129.987 €
Förderung	-519.947 €	-519.947 €
Summe	681.611 €	909.907 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>1.201.558 €</i>	<i>1.429.854 €</i>

Tabelle 15: Kostenaufstellung für die Variante D, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einer Sole Wärmepumpe als Wärmeerzeuger, inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)

Variante D - Var. D - Sole/ Wasser-Wärmepumpe	€ netto	€ brutto
Sole/Wasser Wärmepumpe	623.616 €	742.103 €
Tiefenbohrung	421.920 €	502.085 €
Probebohrung	40.000 €	47.600 €
Auslegung Sondenfeld/Responstest usw.	69.000 €	82.110 €
Übergabestation	45.500 €	54.145 €
Pufferpeicher	20.000 €	23.800 €
Pumpe/Rohr Tiefenbohrung	235.000 €	279.650 €
Hydraulik	15.000 €	17.850 €
Fernwärmeleitung	450.000 €	535.500 €
unvorhergesehenes: 15%	156.830 €	186.628 €
Zwischensumme Herstellkosten	2.076.866 €	2.471.471 €
Honorare	207.687 €	247.147 €
Förderung	-988.588 €	-988.588 €
Summe	1.295.965 €	1.730.030 €
<i>Summe ohne Förderungen</i>	<i>2.284.553 €</i>	<i>2.718.618 €</i>

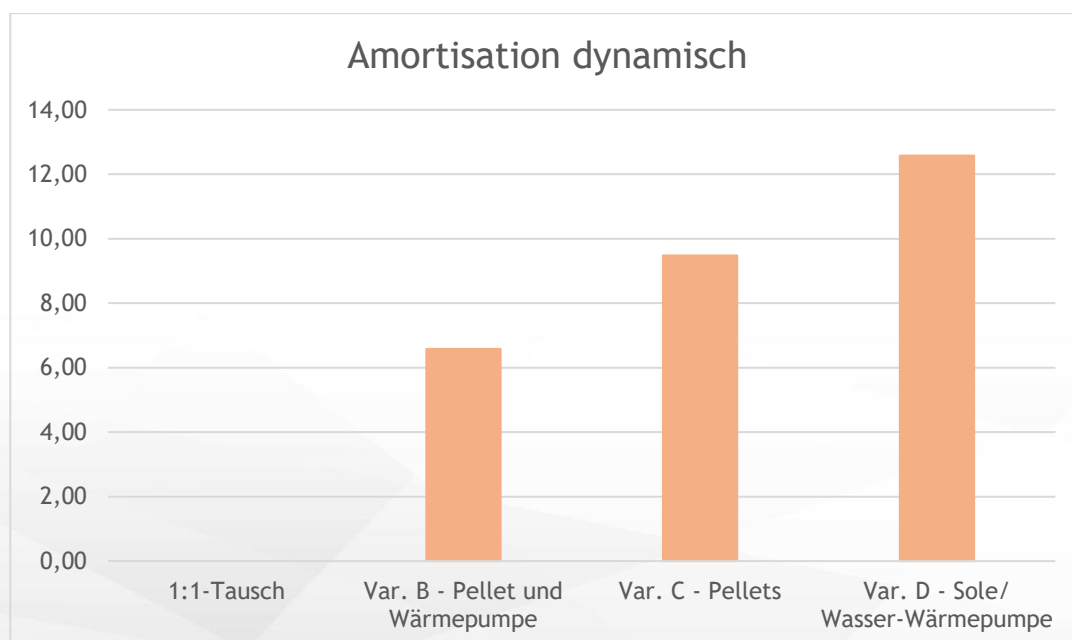


Abbildung 27: Amortisationsdauer dynamisch im Vergleich. Variante B mit 6,59 Jahren, Variante C mit 9,48 Jahren, Variante D mit 12,58 Jahren. Die hier aufgeführte Amortisation berücksichtigt die BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)

In der Abbildung 27 ist die Amortisationsdauer der verschiedenen Varianten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass ein kaskadiertes System aus Wärmepumpe und Pelletkessel der Variante B sich mit ca. 6,59 Jahren am schnellsten amortisiert. Die reine Pelletanlage der Variante C liegt mit einer berechneten Amortisationsdauer von 9,48 Jahren deutlich über der Varianten B. Von einer reinen Pelletanlage wäre somit in diesem Fall eher abzuraten.

Die Sole/ Wasser-Wärmepumpe rechnet sich nach 12,58 Jahren auch, jedoch sind dort die von dem Geodienst numerisch ermittelten Bodenrichtwerte zur Berechnung herangezogen worden. Ohne eine Probebohrung sind keine 100% verlässlichen Aussagen zu treffen. Aus Erfahrungen der Firma nwe Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG wird die spezifische Entzugsleistung des Bodens die benötigte Leistung nicht mit 47 Sonden erbringen.

Tabelle 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEW-Förderung. Teil 1 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 07/2023)

	Variante B - Pellet und Wärmepumpe	Variante C - Pellets	Variante D - Sole/ Wasser-Wärme- pumpe
Kosten der Maßnahme	1.647.338 €	1.429.854 €	2.718.618 €
abzgl. Förderung	-599.032 €	-519.947 €	-988.588 €
tatsächliche Investition / Mehrkos- ten	1.048.306 €	909.907 €	1.730.030 €
Preissteigerung Energie	1,7%	3,5%	1,1%
Preissteigerung Wartung	3,0%	3,0%	3,0%
Nutzungsdauer	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Energiepreis (Arbeit und Grund- preis)	0,0917 €/kWh	0,0863 €/kWh	0,1048 €/kWh
Kapitalzins	1,0%	1,0%	1,0%
Kreditzins	3,0%	3,0%	3,0%
Jahresbrennstoffbedarf	2.938.733	3.122.404	2.938.733
Bezeichnung			
Annuitätenfaktor	0,0554	0,0554	0,0554
Mittelwertfaktor der Energiever- teuerung	1,191	1,454	1,120
Jährliche Energiebezugskosten	228.980 €	229.175 €	261.771 €
Jährliche Kosten	228.980 €	229.175 €	261.771 €
mittl. Jährl. Energiekosten	272.797 €	333.128 €	293.158 €
Wartung und Unterhaltskosten			
Mittelwertfaktor der Wartungskos- ten	1,370	1,370	1,370
Jährliche Wartungs- und Betriebs- kosten	21.173 €	22.209 €	12.240 €
mittl. jährl. Wartungskosten	29.016 €	30.436 €	16.774 €
Kapitalkosten			
inkl. Förderungen	1.048.306 €	909.907 €	1.730.030 €
jährliche Kapitalkosten	69.767 €	60.556 €	115.136 €
Jahreskosten (dynamisch)			
Gesamtkosten im 1. Jahr	319.920 €	311.940 €	389.147 €
Jahreskosten	371.579 €	424.120 €	425.068 €
Kosten je MWh nach Erzeuger	134 €	136 €	153 €
Kosten je MWh Nutzenergiebezug	149 €	170 €	170 €
Zinsfaktor	1,010	1,010	1,010
Gesamtkosten über Nutzungsdauer	7.431.580 €	8.482.402 €	8.501.350 €

Tabelle 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEW-Förderung. Teil 2 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 07/2023)

Amortisation (dynamisch)			
jährl. Ersparnis	74.315 €	21.774 €	20.827 €
jährl. Energiekosteneinsparung	34%	19%	29%
jährl. Ersparnis ohne Kapitaldienst	133.262 €	71.510 €	125.143 €
jährl. Ersparnis statisch	39.538 €	38.307 €	15.680 €
Energiepreisteigerungsindex	1,017	1,035	1,011
Zinsfaktor	1,010	1,010	1,010
Investitionsmehrkosten	885.728 €	747.329 €	1.567.452 €
Kapitalwert	1.519.055 €	543.108 €	690.826 €
Barwert	2.404.783 €	1.290.438 €	2.258.278 €
Amortisationsdauer in Jahren, dynamisch	6,59	9,48	12,58
Amortisationsdauer, statisch	sofort	19,5	über 25 Jahre
Interner Zinsfuß nach VDI 6025	4,05%	1,66%	0,66%
Gesamtkosten über Nutzungsdauer	7.431.580 €	8.482.402 €	8.501.350 €

Darstellung der CO₂-Emissionen

Eine CO₂-Einsparung ist gegenüber einem 1:1 Austausch der Anlagen in allen drei Fällen gegeben, wobei jedoch der Betrieb einer großen Pelletanlage die größte Einsparung darstellt, da es sich bei der Wärmepumpe nicht um reinen Ökostrom, sondern um Graustrom aus dem öffentlichen Netz handelt.

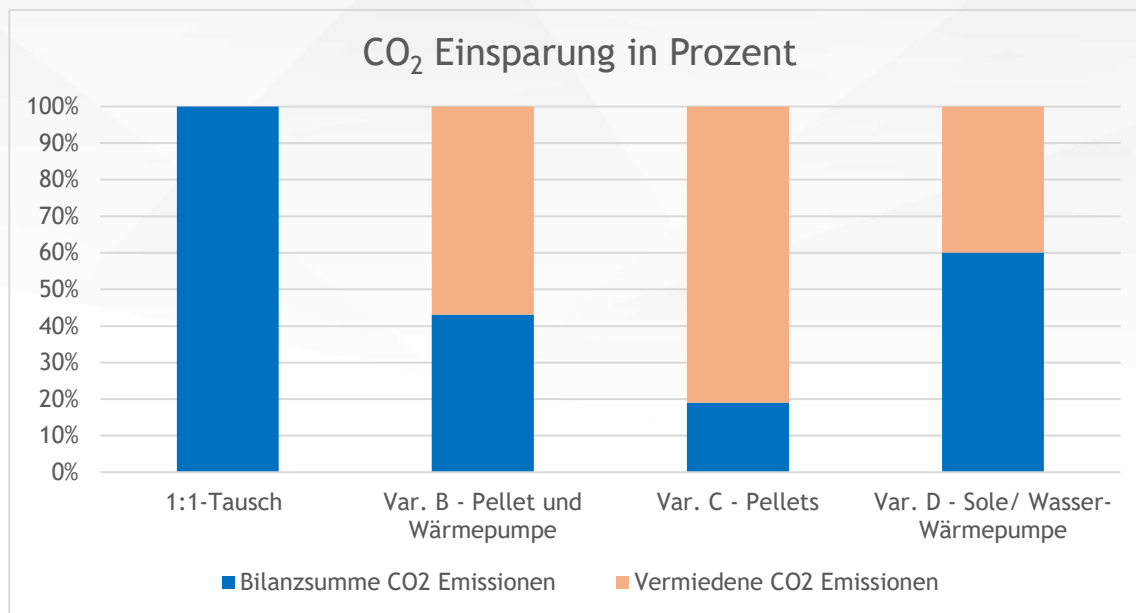


Abbildung 28: CO₂ Einsparung im Vergleich. Blau dargestellt sind die CO₂-Emissionen, Orange dargestellt die Einsparungen, Var. B Einsparung 57%, Var. C Einsparung 81%, Var. D Einsparung 60% (Eigene Erstellung, 06/2023)

Im Verhältnis zu den 558 t/a CO₂, welche die konventionellen Anlagen ausstoßen, bedeutet eine Reduktion von 57% in der Variante B einen Gesamtausstoß von 240 t/a. Die größten Emissionseinsparungen generiert die Variante C mit 81% und einer kombinierten Emission von nur noch 106 t/a.

Dies ist durch den geringen CO₂-Faktor der Pellets zu begründen, da diese nach dem Informationsblatt CO₂- Faktoren Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle nahezu klimaneutral bewertet werden. Die Variante D erreicht mit einer Reduktion von 40% eine Emission von noch 335 t/a.

Analyse unterschiedlicher betriebswirtschaftlicher Geschäftsmodelle und Finanzierungsvarianten

Contracting

Beim Contracting überträgt der Gebäudeeigentümer Aufgaben rund um die Effizienzsteigerung seines Gebäudes auf einen Dienstleister, den sogenannten Contractor. Dieser entwickelt ein individuell zugeschnittenes Konzept zur Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes und dessen Anlagentechnik. In diesem Falle nur der Anlagentechnik. Der Contractor plant und realisiert Effizienzmaßnahmen, tätigt in der Regel alle notwendigen Investitionen und kümmert sich um Wartung und Instandhaltung der Anlagentechnik.

Contracting stellt damit eine gute Alternative zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in Eigenregie dar. Anwender profitieren nicht nur vom Spezialwissen des Contractors, sie übertragen ihm auch die wirtschaftlichen und technischen Risiken für die Energieeffizienzmaßnahmen. Interessant ist die Umsetzung vor allem für den Tausch des Wärmeerzeugers gegen erneuerbare Energieanlagen.

Tabelle 18: Die wichtigsten Contracting Modelle (Eigene Erstellung, 2023)

Contracting Art	Beschreibung	Nachteil	Vorteil
Energiespar-Contracting	Beim Energiespar-Contracting geht es um die Umsetzung von individuell auf ein Gebäude zugeschnittenen Effizienzmaßnahmen durch den Energiedienstleister, mit dem Ziel, Energie und damit Kosten einzusparen. Der Gebäudeeigentümer erhält vom Contractor eine langfristige Garantie für Energiekosteneinsparungen.	- Abhängigkeit vom Vertragspartner für Umsetzung und Wartung, - Mögliche Beschneidung bei Technologieauswahl, - Langfristige Vertragsverpflichtungen	+ Expertise und Effizienz durch externe Spezialisten + Langfristige Energieeinsparung
Energieliefer-Contracting	Beim Energieliefer-Contracting geht es um die effiziente Lieferung von Nutzenergie durch einen Energiedienstleister. Ziel ist eine verlässliche und preisgünstige Energielieferung gekoppelt mit umfassenden Serviceleistungen. Energieliefer-Contracting ist weiterverbreitet als Energiespar-Contracting.	- Angewiesen auf Energielieferanten, - Nutzung der VG-Flächen muss genehmigt werden, - Preis wird durch Energielieferanten vorgegeben, - Potenzielle Abhängigkeit von Vertragsänderungen oder -erhöhungen	+ Verantwortung des Betriebs abgegeben, + Kein Personal zur Überwachung und Wartung, + Expertise und Effizienz durch externe Spezialisten
Finanzierungs-Contracting	Finanzierungs-Contracting wird auch als Anlagenbau-Leasing oder Third-Party-Financing bezeichnet. Die Finanzierung obliegt dem Contractor, das Betreiberrisiko liegt weiterhin beim Contractingnehmer. Einsatzgebiet bei abgrenzbaren technischen Einrichtungen oder Anlagen.	- Nutzung der VG-Flächen muss genehmigt werden, - Betreiberrisiko bleibt bei VG, - Einschränkung bei Anpassungen, - Abhängigkeit vom Vertragspartner	+ Kein Geld/ Förderung muss besorgt werden, + Flexibilität bei der Nutzung eigener Vermögenswerte, + Risikoverteilung auf den Contractingnehmer

Technisches Anlagenmanagement – Betriebsführungs-Contracting

Die Energieanlagen stehen im Eigentum des Contractingnehmers und werden von diesem finanziert. Hier ist aber der Contractor für den störungsfreien Betrieb der Anlagen verantwortlich. Je nach Vertrag wird die Energie wiederum an einem bestimmten Punkt in der Anlage übergeben oder das Endprodukt „warmer Raum“ ist Vertragsgegenstand. Diese Art des Contractings wird meist dort eingesetzt, wo ein störungsfreier Betrieb unbedingt notwendig ist. beispielsweise Druckluft für Produktionsanlagen, oder Heizung im Krankenhaus.

- | | | |
|---|---|---|
| - Genaue Vertragliche Festlegung notwendig, | + | Expertise und Effizienz durch externe Spezialisten, |
| - Kosten für Betrieb werden vorgegeben, | + | Flexibilität bei Änderungen |
| - Abhängigkeit vom Contractingnehmer, | + | Betreiberrisiko wird abgegeben, |
| - Mehr Kommunikations- und Koordinationsaufwand | + | Senken der internen Personalkosten |

Im konkreten Fall zur Versorgung des Schul- und Verwaltungszentrums empfehlen sich sämtliche Varianten, bis auf das Energiespar-Contracting.

Für das Energieliefer-Contracting muss sich die Verbandsgemeinde ein Unternehmen suchen, welches auf ihrem Grundstück ein Heizhaus errichtet. Hierfür muss die vertragliche Lage genauestens geklärt werden.

Beim Finanzierungs-Contracting bietet es sich an mit Unternehmen und Herstellern zu kooperieren, um die eigenen Fachkräfte auf die Anlagen spezialisieren zu können.

Die gängigste und voraussichtlich einfachste Methode für die Verbandsgemeinde sollte das Betriebsführungs-Contracting sein. Als Contractingnehmer müsste die Verbandsgemeinde in dieser Variante genauestens abstimmen, was im Leistungsumfang des Contractors festgelegt wird. Die Personalkosten für interne Hausmeister würden sich vermutlich reduzieren, jedoch ist nicht außer Acht zu lassen, dass auch der Contractor Personal stellen muss.

Eigenbetrieb

Beim Konzept des Eigenbetriebs obliegt jeder der in Tabelle 18 genannten Punkte der Verbandsgemeinde Bad Marienberg.

Da sich die in diesem Bericht vorgestellten Heizhaus Konzepte allesamt auf dem Gelände der Verbandsgemeinde befinden, ist die Vertragliche Situation bei sowohl errichteten der Anlage als auch beim Betrieb wesentlich übersichtlicher. Der Betrieb der Anlagen sowie der einzelnen Gebäude und der darin befindlichen Übergabestationen kann problemlos von den Hausmeistern der Gebäude übernommen werden. Sofern diese in die neue Anlagentechnik eingewiesen werden, entfällt ein Großteil der Wartungs- und Servicearbeiten an den derzeitigen dezentral in den einzelnen Gebäuden liegenden Heizungsanlagen.

Sollte sich die Verbandsgemeinde Bad Marienberg jedoch für einen Contractor entscheiden, so ist es von Vorteil diesen schon bei Planung der Maßnahme mit einzubeziehen.

Finanzierungsvarianten

Finanzierung

Je nach Antragsteller können verschiedene Finanzierungsvarianten der KFW genutzt werden.

Kommunale Gebietskörperschaft:

KFW 201 – IKK – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (KFW, 201 IKK – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung, 2023)

- Förderkredit ohne Höchstbetrag
- für Investitionen in energieeffiziente Versorgungssysteme, klimafreundliche Quartiersmobilität und in die Grüne Infrastruktur
- Finanzierung zu 100 % möglich
- 10 Jahre Zinsbindung und bis zu 30 Jahre Laufzeit

Mit dem Produkt KFW201 werden nachhaltige Investitionen in die Energieeffizienz kommunaler Wärme-, Kälte-, Wasser- und Abwassersysteme im Quartier, in Maßnahmen zur Anreizsetzung für die Nutzung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und Investitionen in die Grüne Infrastruktur finanziert.

Die KFW definiert ein Quartier wie folgt: „Ein Quartier bilden mehrere in der Fläche zusammenhängende Gebäude innerhalb eines Stadtteils – kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und private Haushalte. Die öffentliche Infrastruktur gehört ebenso dazu.“

KFW 432 – Zuschuss – Energetische Stadtsanierung (KFW, 432 Energetische Stadtsanierung – Zuschuss, 2023)

- Zuschuss in Höhe von 75 % der förderfähigen Kosten
- zur Erstellung von energetischen Konzepten und für die Leistung von Sanierungsmanagern
- für Kommunen
- Kombination mit weiteren Fördermitteln möglich

Mit dem Produkt KFW432 fördert die KFW Maßnahmen, mit denen Sie die Energieeffizienz im Quartier erhöhen. Sie können sowohl Sach- als auch Personalkosten finanzieren. Das Produkt besteht aus den Bausteinen „Integriertes Quartierskonzept“ und „Sanierungsmanagement“ welche eine tiefergehende Ausarbeitung erfordern.

Kommunales Unternehmen oder Zweckverband:

KFW 270 – Erneuerbare Energien (KFW, 270 Erneuerbare Energien – Standard, 2023)

- Kredit ab 4,75 % effektivem Jahreszins
- Für Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme, für Netze und Speicher
- Für Photovoltaik, Wasser, Wind, Biogas und vieles mehr
- Für Privatpersonen, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen

Mit dem Produkt KFW270 finanziert die KFW-Investitionen in:

1. Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der zugehörigen Kosten für Planung, Projektierung und Installation. Die Anlagen müssen den Anforderungen des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien genügen.
2. Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien
3. Wärme-/Kältenetze und Wärme-/Kältespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden
4. Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot, Digitalisierung der Energiewende mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien systemverträglich in das Energiesystem zu integrieren
5. Contracting-Vorhaben und Modernisierungen mit Leistungssteigerung

KFW 202 – IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (KFW, 202 IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung, 2023)

- Förderkredit ab 3,28 % effektivem Jahreszins
- bis zu 50 Mio. Euro Kreditbetrag
- für Investitionen in energieeffiziente Versorgungssysteme, klimafreundliche Quartiersmobilität und in die Grüne Infrastruktur von Quartieren
- Finanzierung zu 100 % möglich

Mit dem Förderprodukt KFW202 finanziert die KFW nachhaltige Investitionen in die Energieeffizienz kommunaler Wärme-, Kälte-, Wasser- und Abwasser-systeme im Quartier, in Maßnahmen zur Anreizsetzung für die Nutzung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und Investitionen in die Grüne Infrastruktur.

Die KFW definiert ein Quartier wie folgt: „Ein Quartier bilden mehrere in der Fläche zusammenhängende Gebäude innerhalb eines Stadtteils – kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und private Haushalte. Die öffentliche Infrastruktur gehört ebenso dazu.“

Förderung

Zunächst ist es möglich die Ausführung des Projektes nach BEG EM durchzuführen, wodurch jedoch nur die Kombination auf Wärmepumpe und Pellet förderbar wäre. Dies liegt daran, dass maximal 75% Biomasse im Gebäudenetz vorhanden sein dürfen. Zu sehen in Tabelle 19.

Tabelle 19: Bundesförderungen für effiziente Gebäude (BEG). Die Förderung, welche für das Projekt interessant ist, rot markiert. (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 06/2023)

Einzelmaßnahmen Zuschuss	Zuschuss	iSFP	Heizungstausch	Wärmepumpen-Boni	Max. Fördersatz
Solarkollektoranlagen	25%	-	10%	-	35%
Biomasse	10%	-	10%	-	20%
Wärmepumpe	25%	-	10%	5%	40%
Innovative Heizungstechnik	25%	-	10%	-	35%
Wärmenetzanschluss	30%	-	10%	-	40%
Gebäudenetzanschluss	25%	-	10%	-	35%
Gebäudenetz Errichtung/Umbau/Erweiterung (ohne Biomasse)	30%	-	-	-	30%
Gebäudenetz Errichtung/Umbau/Erweiterung (mit max. 25 % Biomasse für Spitzenlast)	25%	-	-	-	25%
Gebäudenetz Errichtung/Umbau/Erweiterung (mit max. 75 % Biomasse)	20%	-	-	-	20%
Gebäudehülle	15%	5%	-	-	20%
Anlagentechnik	15%	5%	-	-	20%
Heizungsoptimierung	15%	5%	-	-	20%
Die Höchstgrenze förderfähiger Kosten beträgt bei Wohngebäuden max. 60.000 Euro pro Wohneinheit und bei Nichtwohngebäuden max. 1.000 Euro pro m2 Nettogrundfläche, insgesamt max. 5 Millionen Euro.					

Die Mindestinvestitionssumme beträgt 2.000 Euro, bzw. 300 Euro bei der Heizungsoptimierung.

Eine Förderung durch die Energieagentur Rheinland-Pfalz (ZEIS) wäre summierend für beide Varianten möglich, da dort keine Biomassebegrenzungen vorhanden sind. Dies bedeutet eine Förderung für die Variante Wärmepumpe und Pellet von 40%, sowie für die reine Pellet-Lösung von 20%.

Geprüft werden muss, ob die einzelnen Bauten der Realschule Plus als einzelne Gebäude im Sinne der BEW-Förderung zu zählen sind. Sollte dies der Fall sein, so könnte die Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW) in Erwägung kommen. Bei dieser Förderung können die Varianten mit 40% gefördert werden.

BAFA - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

BEW Förderung: (BAFA, 2023)

Grundlage für die BEW Förderung des Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ist die Wärmeversorgung von mehr als 16 Gebäuden.

Diese Anforderung wird nach Auskunft der Verbandsgemeinde, auch ohne weitere Akteure, erfüllt. Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze wird der Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen gefördert.

Bis zu einer Leitungslänge von 20km kann bei dieser Förderung auf Biomasse gesetzt werden.

Antragsberechtigt sind gem. Nummer 5.1 der Richtlinie:

- Unternehmen iSd. § 14 BGB
- Kommunen (soweit wirtschaftlich tätig)
- kommunale Eigenbetriebe
- kommunale Unternehmen
- kommunale Zweckverbände
- eingetragene Vereine
- eingetragene Genossenschaften

Daneben sind Contractoren antragsberechtigt, sofern sie die Voraussetzungen und Verpflichtungen gem. Anhang 2 der Richtlinie erfüllen.

Grundlage zum Beantragen der BEW Förderung Modul 2 - Systemische Förderung für Neubau und Bestandsnetze ist eine Machbarkeitsstudie nach BEW Modul 1 oder gleichwertig.

Art und Umfang der Förderung:

- Investitionszuschuss für Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur
- 40 Prozent der förderfähigen Ausgaben werden gefördert
- Der Bewilligungszeitraum (ab Erlass des Zuwendungsbescheids) beträgt 48 Monate und kann auf Antrag einmalig um bis zu 24 Monate verlängert werden
- Die maximale Fördersumme beträgt 100 Millionen Euro pro Antrag. Der Antragsteller muss anhand einer Wirtschaftlichkeitslückenberechnung darlegen, dass die beantragte Förderung unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten-, Erlös- und Förderkomponenten über die Lebenszeit des zu fördernden Projekts sowie eines plausiblen kontrafaktischen Falls für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist. Die Förderung ist auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt.

Informationen und Hilfestellungen

Öffentliches Vergaberecht Rheinland-Pfalz (Landesbetrieb- Bau und Liegenschaftsbetreuung RLP, 2023)

Die vom öffentlichen Auftraggeber anzuwendenden Regelwerke umfassen insbesondere:

- das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
- die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A
- die Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge
- die im Bundesbereich neu eingeführte Verfahrensordnung für die Vergabe öffentlicher Liefer- und Dienstleistungsaufträge unterhalb der EU-Schwellenwerte
- die allgemeinen Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen, die derzeit noch im Landesbereich unterhalb der EU-Schwellenwerte gilt
- das Landeshaushaltsrecht
- die Verwaltungsvorschrift Öffentliches Auftragswesen in Rheinland-Pfalz

Neufestsetzung der EU-Schwellenwerte (Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz, 2023)

Das EU-Vergaberecht gilt nur für öffentliche Aufträge, deren Auftragswert die von der EU festgelegten Schwellenwerte überschreitet. Diese Schwellenwerte wurden mit Wirkung zum 01.01.2022 angepasst und betragen ab 2022/2023 nun

- für Bauaufträge 5.382.000 €
- für Bau- und Dienstleistungskonzessionen 5.382.000 €
- für Liefer- und Dienstleistungsaufträge 215.000 €
- für Liefer- und Dienstleistungsaufträge oberer und oberster Bundesbehörden 140.000 €
- für Liefer- und Dienstleistungsaufträge von Sektorenauftraggebern und Auftraggebern im Bereich Verteidigung und Sicherheit 431.000 €.

Öffentliches Auftragswesen in Rheinland-Pfalz: Veröffentlichung der Neufassung der Verwaltungsvorschrift

- Aufträge über Planungsleistungen von Architekten und Ingenieuren dürfen bis zu einer Auftragswertgrenze von 25.000,00 € - ohne Umsatzsteuer - auch ohne Aufforderung weiterer Planungsbüros zur Abgabe eines Angebots mit nur einem Planungsbüro verhandelt werden.
- Liefer- und Dienstleistungen nach VOL/A dürfen freihändig vergeben werden bis zu einem Auftragswert i.H.v. 40.000 €, eine beschränkte Ausschreibung ohne Teilnahmewettbewerb darf bis 80.000 € stattfinden.
- Die Direktvergabe von Liefer-, Dienst- und Bauleistungen ist bis zu einem geschätzten Auftragswert von 3.000 € möglich.

Vorlage für Entscheidungsgremien

Aus energetischer Sicht, besonders auf die Neuerungen hinsichtlich der Wärmeversorgung von Gebäuden macht das Errichten eines Nahwärmenetzes im Schul- und Gemeindezentrum Bad Marienberg unumstritten Sinn.

Der im Kapitel „Nahwärmenetz“ beschriebene Weg des Wärmenetzes ist je nach Teilnehmer und weiterem Bauvorhaben variabel. Er dient lediglich als grober Anhaltspunkt. Es muss jedoch immer berücksichtigt werden, dass zum Verlegen der Leitungen Bäume beseitigt und Straßen/ Asphaltflächen sowie Grünflächen geöffnet werden müssen.

Könnte die Verbandsgemeinde Bad Marienberg weitere Teilnehmer für ein solches Projekt gewinnen, würden zwar die Investitionskosten steigen, auf der anderen Seite jedoch können diese mit Anschlussgebühr und Verkauf der erzeugten Wärme im Laufe der Zeit als lukrative Einnahmequellen gewertet werden.

Hinsichtlich der verschiedenen Varianten zeigt sich deutlich, dass die Variante B - Pellet und Wärmepumpe die wirtschaftlich sinnvollste Entscheidung darstellt. Mit einer Amortisationszeit von knapp unter 9 Jahren ist dies die empfohlene Variante. Auch wenn es zu Erweiterungen des Netzes und einer Expansion der Teilnehmer kommt, so wird diese Variante weiterhin die vernünftigste Variante bleiben.

Die energetische Substanz der zu betrachtenden Gebäude wird sich hinsichtlich des Anschlusses an ein Nahwärmenetz nicht verbessern. Diese sollte gesondert betrachtet werden.

Abbildungs-, Tabellen- und Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zu sehen ist eine Luftaufnahme inkl. Markierungen der Gebäude der Verbandsgemeinde. (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung).....	4
Abbildung 2: Die Große Sporthalle, zu sehen vom Parkplatz Ewiger Weg südlich der Sporthalle (Eigene Aufnahme, 05/2022)	5
Abbildung 3: Das Gebäude der Verkehrsschulung, zu sehen vom Durchgangsweg. (Eigene Aufnahme, 05/2022).....	6
Abbildung 4: Ausführungsplan der Wärmeversorgung zwischen den Gebäuden der Marie-Curie-Realschule-Plus (Ingenieurbüro für Gebäudetechnik, 06/1985)	7
Abbildung 5: Gebäude 4 der Marie-Curie-Realschule plus. Ansicht der Westseite inkl. Tür zur Unterstation (Eigene Aufnahme, 05/2022).....	7
Abbildung 6: Gebäude 9 der Marie-Curie-Realschule Plus. Haupteingang von der Ostseite aus gesehen (Eigene Aufnahme, 08/2022).....	8
Abbildung 7: Gebäude 11 der Marie-Curie-Realschule Plus. Zu sehen ist der Haupteingang des Gebäudes sowie die Tür zum Keller zwischen den Gebäuden 10 und 11 (Eigene Aufnahme, 05/2022)	8
Abbildung 8: Zu sehen ist der Haupteingang des Gebäudes 13 (Forum) der Marie-Curie-Realschule Plus. Durch dieses Gebäude ist die Haupt-Heizzentrale der Liegenschaft zu erreichen (Eigene Aufnahme, 05/2022)	9
Abbildung 9: Die Zugangstüren der kleinen Sporthalle auf der Rückansicht ebendieser (Eigene Aufnahme, 05/2022) ...	9
Abbildung 10: Ehemalige Hausmeisterwohnung (Eigene Aufnahme, 05/2022)	10
Abbildung 11: Haupteingang der Grundschule Wolfsteinschule (Eigene Aufnahme, 05/2022)	10
Abbildung 12: Der Städtische Kindergarten in der Pestalozzistraße. Gesehen vom Fußweg zum Busbahnhof aus südlicher Ansicht. (Eigene Aufnahme, 05/2022)	11
Abbildung 13: Die Stadthalle Bad Marienberg. Zu sehen ist der Haupteingang von der Kirburger Straße aus (Eigene Aufnahme, 05/2022).....	12
Abbildung 14: Abbildung des durchschnittlichen spezifischen Endenergieverbrauchs der Wärme der letzten 3 Jahre in kWh/m². (Eigene Erstellung, 08/2022)	15
Abbildung 15: Zu sehen ist eine Luftaufnahme des Schul-/ Verwaltungsbezirks inkl. der in blau markierten Gebäuden, für welche ein mögliches Nahwärmenetz interessant wäre. (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung).....	17
Abbildung 16: Mögliches Nahwärmenetz im Schulzentrum Bad Marienberg (Google Maps, 2022, Eigene Bearbeitung)	19
Abbildung 17: Möglicher Standort des Heizhauses (Google Maps, 2023, Eigene Bearbeitung)	20
Abbildung 18: 500 kW Wärmepumpe (Hersteller, 2023)	20
Abbildung 19: Zweistöckiges Pellet-Heizhaus. Im Erdgeschoss befinden sich die Pelletanlagen im Obergeschoss das Lager inkl. Schnecken. (Hersteller, 06/2023)	21
Abbildung 20: Jahresdauerlinie der Variante B Pellet und Wärmepumpe, inkl. der bestehenden Gasanlage. Wärmepumpe blau dargestellt, Pelletanlage gelb abgebildet, Gas grün dargestellt. Auf der X-Achse werden die Stunden/ Jahr dargestellt, auf der Y-Achse die Leistung in kW. (Eigene Erstellung, 06/2023)	22
Abbildung 21: Möglicher Grundriss Erdgeschoss der reinen Pellet Variante. Abgasführung und Kesselposition müssten abgestimmt werden (Hersteller, 06/2023, Eigene Bearbeitung).....	23
Abbildung 22: Jahresdauerlinie der Variante C Pellet, inkl. der bestehenden Gasanlage. Die Pelletanlage ist blau dargestellt, die vorhandene Gas-Anlage gelb abgebildet. Auf der X-Achse werden die Stunden/ Jahr dargestellt, auf der Y-Achse die Leistung in kW. (Eigene Erstellung, 06/2023)	24
Abbildung 23: Standortbewertung zur Zulassung von Erdwärmesonden. In den roten Gebieten wird ein Antrag generell abgelehnt, in den grünen Gebieten ist die Antragstellung (ggf. mit Auflagen) möglich. In der orangenen umrandeten Fläche befindet sich das zu betrachtende Gebiet. (Landesamt für Geologie, 06/2023, Eigene Bearbeitung)	25

Abbildung 24: Wärmeleitfähigkeit des Bodens nach Angaben des Landesamtes für Geologie und Bergbau im Gebiet Bad Marienberg. Die Flächen im hellen Grünton bieten einen -Wert von 1,0 – 1,2 W / (m * K). (Landesamt für Geologie, 06/2023)	26
Abbildung 25: Mögliche Positionierungen der 47 Sonden für die Sole/ Wasser-Wärmepumpe zwischen den Gebäuden der Marie-Curie-Realschule Plus und der Kirburger Straße (Google Maps, 06/2023, Eigene Bearbeitung)	26
Abbildung 26: Amortisationsdauer dynamisch im Vergleich. Variante B mit 8,75 Jahren, Variante C mit 12,31 Jahren, Variante D mit 16,51 Jahren. Die hier aufgeführte Amortisation berücksichtigt die BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 06/2023)	29
Abbildung 27: Amortisationsdauer dynamisch im Vergleich. Variante B mit 6,59 Jahren, Variante C mit 9,48 Jahren, Variante D mit 12,58 Jahren. Die hier aufgeführte Amortisation berücksichtigt die BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)	33
Abbildung 28: CO ₂ Einsparung im Vergleich. Blau dargestellt sind die CO ₂ -Emissionen, Orange dargestellt die Einsparungen, Var. B Einsparung 57%, Var. C Einsparung 81%, Var. D Einsparung 60% (Eigene Erstellung, 06/2023) ...	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Jahresübersicht der PV-Anlage „kleine Sporthalle“ (VG Bad Marienberg, 05/2022)	9
Tabelle 2: Jahresübersicht der PV-Anlage „Städtischer Kindergarten“ (VG Bad Marienberg, 07/2023)	11
Tabelle 3: Jahresübersicht der PV-Anlage „Verbandsgemeindeverwaltung“ (VG Bad Marienberg, 05/2022)	12
Tabelle 4: Übersicht über die Gebäude (Eigene Erstellung, 07/2023)	13
Tabelle 5: Berechnung der spezifischen Verbräuche anhand der gegebenen Daten (Eigene Erstellung, 07/2022)	14
Tabelle 6: Ergebnisse der Simulation der Variante B – Pellet und Wärmepumpe (Eigene Erstellung, 06/2023)	22
Tabelle 7: Ergebnisse der Simulation der Variante C – Pelletanlage (Eigene Erstellung, 06/2023)	24
Tabelle 8: Kostenaufstellung für die Variante A, den 1:1 Tausch im Schulzentrum Bad Marienberg (Eigene Erstellung, 2023)	27
Tabelle 9: Kostenaufstellung für die Variante B, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit Pelletkessel und Wärmepumpe als Wärmeerzeuger inkl. BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 2023)	27
Tabelle 10: Kostenaufstellung für die Variante C, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger, inkl. BEG-Förderung. (Eigene Erstellung, 2023)	28
Tabelle 11: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEG-Förderung. Teil 1 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 06/2023)	30
Tabelle 12: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEG-Förderung. Teil 2 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 06/2023)	31
Tabelle 13: Kostenaufstellung für die Variante B, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit Pellet-kessel und Wärmepumpe als Wärmeerzeuger inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)	32
Tabelle 14: Kostenaufstellung für die Variante C, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger, inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)	32
Tabelle 15: Kostenaufstellung für die Variante D, den Austausch der aktuellen Komponenten auf ein Nahwärmenetz mit einer Sole Wärmepumpe als Wärmeerzeuger, inkl. BEW-Förderung. (Eigene Erstellung, 07/2023)	33
Tabelle 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEW-Förderung. Teil 1 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 07/2023)	35
Tabelle 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an VDI 2067, inkl. BEW-Förderung. Teil 2 der Tabelle. (Eigene Erstellung, 07/2023)	36
Tabelle 18: Die wichtigsten Contracting Modelle (Eigene Erstellung, 2023)	38
Tabelle 19: Bundesförderungen für effiziente Gebäude (BEG). Die Förderung, welche für das Projekt interessant ist, rot markiert. (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 06/2023)	41

Literaturverzeichnis

- BAFA. (31. 07 2023). *BEW - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze*. Von BAFA.de:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html abgerufen
- Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz. (19. 07 2023). *Vergaberecht RLP*. Von ing-rlp.de: <https://www.ing-rlp.de/recht/vergaberecht.html> abgerufen
- KFW. (19. 07 2023). *201 IKK – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung*. Von kfw.de:
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-\(201\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/) abgerufen
- KFW. (19. 07 2023). *202 IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung*. Von kfw.de:
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Quartiersversorgung/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunale-Unternehmen-\(202\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Quartiersversorgung/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunale-Unternehmen-(202)/) abgerufen
- KFW. (19. 07 2023). *270 Erneuerbare Energien – Standard*. Von kfw.de:
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/?redirect=610817](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/?redirect=610817) abgerufen
- KFW. (19. 07 2023). *432 Energetische Stadtsanierung – Zuschuss*. Von kfw.de:
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/) abgerufen
- Landesbetrieb- Bau und Liegenschaftsbetreuung RLP. (19. 07 2023). *Öffentliches Vergaberecht Rheinland-Pfalz*. Von lbb.rlp.de: <https://lbb.rlp.de/de/auftragnehmer/oeffentliches-vergaberecht/> abgerufen