Potenzialstudie

Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe in Verbindung mit Wärmenetzen in der Gemeinde Muldestausee

gefördert über Kommunalrichtlinie 2019



für **Gemeinde Muldestausee**

erstellt von

e7 UG (haftungsbeschränkt) Ehrensteinstrasse 34 04105 Leipzig

Datum: 19.08.2022

Version: R02



Auftraggeber:

Gemeinde Muldestausee

Bürgermeister Herr Ferid Giebler Neuwerk 3 06774 Muldestausee / OT Pouch

Projektdurchführung: November 2021 – August 2022

Projektnummer: P_2020_61

Projektleitung: Dipl.-Ing. André Müller

Stellv. Projektleitung:

Projektingenieur:

Dipl.-Agr.-Ing. Kerstin Kranich
M. Eng. Daniel Landgraf
Projektingenieur:

M.Sc. Roy Böttcher

Projektmitarbeiter: Maximilian Gutwein (Werkstudent)

Schkeuditz, 19.08.2022

Projektleiter (füradie Richtigkeit)

Gemeinde Muldestausee (zur Kenntnis genommen)

Gefördert durch:





aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Seite **2** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Inhaltsverzeichnis

1	Inf	forma	ationen zur Gemeinde Muldestausee	6
2	Inf	forma	ationen zum Hintergrund	7
	2.1		Igemeiner und politischer Hintergrund	
	2.2	Er	gebnisse der Potenzialstudie	7
3	Vo		iensweise	
4		_	lik der Datenerhebung	
	4.1		atenaufnahme der Abwärmequellen und weiterer potenzieller Energieträger	
	4.2		atenaufnahme der Wärmeverbraucher	
	4.3		atenverarbeitung	
5	Вє	ariff	serläuterungen	14
	5.1	_	alte, wechselwarme Wärmenetze	
	5.2		quiferspeicher	
6			reis 1 - Bioenergiedorf Muldenstein	
	6.1		bersicht Bilanzkreis 1	
	6.2		estandsanalyse Bilanzkreis 1	
			Bestandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche	
	_		Identifikation der Abwärmequellen / Umweltwärmequellen	
		6.2.2	·	
	,	6.2.2		
	,	6.2.2		
	,	6.2.2		
		6.2.2	<u> </u>	
		6.2.2		
	6.2	2.3	Örtliche Zusammenführung von Wärmesenken / Wärmequellen	
	6.2		Kühlungs- und Kältebedarf	
	6.3		otenzialanalyse Bilanzkreis 1	
	6.3		Bewertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten	
		6.3.1		
		6.3.1	.2 Abpumpstation Restwasser-Tagebau	32
	6.3	3.2		
		6.3.2	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
		6.3.2		
		6.3.2	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	6.4	Ab	oleitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung	41
		6.4.1		
		6.4.1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
		6.4.1	·	
	6.4	4.2	Auflistung technischer Komponenten und Spezifikationen	44
	6.4	4.3	Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation	46
	6.4		Quantifizierung der Emissionsreduktion	
	6.4		Ableitung Optimierungsmaßnahmen, Wirtschaftlichkeit	
	6.4	4.6	Vorschlag Ablauf- und Zeitplan	
7	Bi	lanzk	reis 2 – Schlaitz, Gossa, Plodda, Schmerz	
	7.1	Üŀ	bersicht Bilanzkreis 2	50
	7.2	Вє	estandsanalyse Bilanzkreis 2	53
	7.2		Bestandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche	
	7.2	2.2	Identifikation der Abwärmequellen	
		7.2.2	.1 Biogasanlagen - politischer und gesellschaftlicher Hintergrund	56



	7.2.2.2	Biogasanlage Schlaitz	57
	7.2.2.3	Biogasanlage Schmerz	57
	7.2.2.4	Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Freiflächen	58
	7.2.2.5	Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung	58
	7.2.3 Örtl	iche Zusammenführung von Wärmesenken und Wärmequellen	58
		lungs- und Kältebedarf	
		zialanalyse Bilanzkreis 2	
		vertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten	
	7.3.1.1	Abwärme aus Biogasanlage Schlaitz	
	7.3.1.2	Abwärme aus Biogasanlage Schmerz	
		vertung indirekter Abwärmenutzungsmöglichkeiten	
	7.3.2.1	Nutzung Waldholz aus Forstbetriebsgemeinschaft	
	7.3.2.2	Nutzung Solarthermie-Freiflächenanlage	
	7.3.2.3	Nutzung Aquifer-Wärmespeicher	
		ung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung	
		chreibung technisches Konzept	
		rachtung und Bewertung Unterbereich Schlaitz	
	7.4.2.1	Beschreibung technisches Konzept Schlaitz	
	7.4.2.2	Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Schlaitz Wärmeerze	
	7.1.2.2	69	agoi
	7.4.2.3	Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Schlaitz	71
	7.4.2.4	Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Schlaitz	
		rachtung und Bewertung Unterbereich Gossa und Schmerz	
	7.4.3.1	Beschreibung technisches Konzept Gossa und Schmerz	
	7.4.3.2	Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Gossa und Schmerz.	
	7.4.3.3	Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Gossa, Schmerz	
	7.4.3.4	Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Gossa und Schmerz	
		rachtung und Bewertung Unterbereich Plodda	
	7.4.4.1	Beschreibung technisches Konzept Plodda	
	7.4.4.2	Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Plodda	
	7.4.4.3	Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Plodda	
	7.4.4.4	Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Plodda	
		antifizierung der Emissionsreduktion im Bilanzkreis 2	
		schlag Ablauf- und Zeitplan	
8		3 - Krina	
U		icht Bilanzkreis 3	
		ndsanalyse Bilanzkreis 3	
		tandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche	
		ntifikation der Abwärmequellen und Energielieferanten	
	8.2.2.1	Nutzung von Waldholz (Holzhackschnitzel)	
	8.2.2.2	Politischer Hintergrund zur Wald- und Holznutzung	
	8.2.2.3	Abwärmenutzung aus potenzieller Pyrolyseanlage	
	8.2.2.4	Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Freiflächen	
	8.2.2.5	Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung	
		iche Zusammenführung von Wärmesenken und Wärmequellen	
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
		lungs- und Kältebedarf	
		zialanalyse Bilanzkreis 3	
		vertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten (Variante 1)vertung indirekter Abwärmenutzungsmöglichkeiten	
	8.3.2.1	Nutzung Waldholz aus Forstbetriebsgemeinschaft (Variante 1 und 2)	
	8.3.2.2	Nutzung Wärmennicher	
	8.3.2.3	Nutzung Wärmespeicher	প্র



8.4	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung	93
8.4.	1 Beschreibung technisches Konzept	94
8.	4.1.1 Variante 1: Pyrolyseanlage mit Holzhackschnitzel-Kessel	94
8.	4.1.2 Variante 2: Holzhackschnitzel-Kessel mit Solarthermie-Anlage	95
8.4.	2 Auflistung technischer Komponenten und Spezifikationen	96
8.4.	3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation	97
8.4.		
8.4.	5 Ableitung Optimierungsmaßnahmen	99
8.4.	6 Vorschlag Ablauf- und Zeitplan	100
9 Zus	ammenfassende Betrachtung	
9.1	Allgemeine Zusammenfassung	101
9.2	Auswirkung der Anschlussquote	104
9.3	CO ₂ -Emissionsbilanz	
10 Akto	eursbeteiligung	106
	tere Vorschläge und Hinweise für Wärmewendestrategie	
	leutung der regionalen Kreislaufwirtschaft	
13 VEF	RZEICHNISSE	111
13.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	111
13.2	TABELLENVERZEICHNIS	112
14 Que	ellen / Links / Anlagen	114
14.1	Literaturverzeichnis	
14.2	Anlagen	116
15 DO	KUMENTENÜBERGABE	117



1 Informationen zur Gemeinde Muldestausee

Die Gemeinde Muldestausee ist eine kreisangehörige Gemeinde, umfasst 13 Ortschaften und liegt im südöstlichen Landkreis Anhalt-Bitterfeld im Bundesland Sachsen-Anhalt. Die Gemeinde umfasst 137 km² und ihr gehörten Ende des Jahres 2021 11.665 Einwohner an. Die Einwohneranzahl in der Gemeinde entwickelte sich in den letzten 10 Jahren leicht sinkend. 2010 verfügte die Gemeinde noch über 12.242 Einwohner. Mit den Neubau-Planungen der Gemeinde, u.a. durch die Erschließung neuer Wohnbaugebiete, durch die seit der Corona-Pandemie erweiterten Möglichkeiten der Homeoffice-Tätigkeiten und mit zunehmendem Ausbau des Nahverkehrs wird mittelfristig mit steigenden Einwohnerzahlen zu rechnen sein.

Das Gemeindegebiet erstreckt sich zwischen dem Großen Goitzschesee im Westen, dem Gröberner See im Norden, der waldreichen Dübener Heide im Osten und der Goitzsche-Landschaft im Süden des Landkreises.

Die Landschaft ist geprägt vom strukturellen Wandel der 1990er Jahre – stillgelegte Braunkohletagebaue sind einer Seen- und Waldlandschaft gewichen. Land- und Forstwirtschaft sind neben einigen industriellen Ansiedlungen vorherrschend. Die Gemeinde entwickelte sich in den letzten 20 Jahren zunehmend zu einem bevorzugten Wohn- und Arbeitsgebiet im Einzugsbereich der Städte Bitterfeld, Wolfen, Dessau, Wittenberg, Delitzsch und bis nach Leipzig. Knapp 50% der Gemeindefläche ist Waldgebiet und wird forstwirtschaftlich genutzt.

Innerhalb der Gemeinde liegt die Tiefkippe Schlaitz, ein 57 ha großes Naturschutzgebiet, welches als Bergbaufolgelandschaft seit 1996 unter Schutz steht. Dabei handelt es sich um ein Feuchtgebiet im Bereich des früheren Tagebaues Muldenstein.





Abbildung 1 | Gemeindegebiet Muldenstausee mit Kennzeichnung der Ortsteile

Seite 6 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



2 Informationen zum Hintergrund

2.1 Allgemeiner und politischer Hintergrund

Von der Gemeinde wurden bereits verschiedene klimarelevante Aktivitäten durchgeführt. Unter anderem erarbeitete die Gemeinde 2018 ein integriertes Gemeindeentwicklungskonzept für die Gemeinde (IGEK). Das IGEK erstellte ein Energie- und Klimapolitisches Leitbild für die Gemeinde, welches als Ziel die Umstellung des Energiesystems von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050 festlegte. Dabei tritt die Gemeinde als Vorbild auf und kümmert sich um Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien in kommunalen Liegenschaften, einen Beteiligungsprozess aller Akteure in der Gemeinde, um nachhaltige und umweltschonende Mobilität und um den Ausbau erneuerbarer Energien. Das Leitbild wird regelmäßig, spätestens nach 5 Jahren überprüft und weiterentwickelt [1].

Im Juni 2011 wurde des Weiteren ein Energiekonzept für den Landkreis Nordsachsen und für die Region Dübener Heide der Landkreise Wittenberg und Anhalt-Bitterfeld erstellt. Die Ergebnisse des Konzeptes sind aufgrund der aktuellen Lage nur noch teilweise gültig. So wurde beispielsweise eine nur geringfügige Zunahme des Bedarfes an Elektroenergie prognostiziert, die mit der Zunahme an Verbrauchsstellen im Haushalt begründet wurde. Aus heutiger Sicht wird aber der Elektroenergiebedarf wesentlich stärker zunehmen aufgrund steigender E-Mobilität, verstärktem Einsatz von Elektroenergie zur Wärmeversorgung (Wärmepumpen), Herstellung von Wasserstoff, Zunahme des Stromverbrauches in Rechenzentren, usw. Die Prognose für eine Abnahme des Wärmeverbrauchs aufgrund sinkender Bevölkerungszahlen und weniger Heizlast und verbesserter Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe und Gebäuden kann dagegen bestätigt werden. Dennoch sind die Ergebnisse des Konzeptes heute noch dahingehend relevant, dass nunmehr ein konsequenter Ausbau der erneuerbaren Energien plus Speichertechnologien für den sich zukünftig stark erhöhenden Strombedarf und für den Wärme- und Kälteverbrauch essenziell sind zur Erfüllung der Klimaschutzziele.

Ein Bestandteil der Weiterentwicklung des Leitbildes ist die Erarbeitung einer Potenzialstudie zur Abwärmenutzung aus Industrie und Gewerbe, gefördert über die Kommunalrichtline (Stand 2021).

Im Rahmen des 2021 verabschiedeten Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung zur Erreichung der Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) bis zum Jahr 2045 ist die Potenzialstudie weiterhin als ausbaufähige Grundlage für eine kommunale Wärmeplanung zu sehen. Die kommunale Wärmeplanung, aktuell bereits in zwei Bundesländern verpflichtend von den Kommunen zu erstellen, beinhaltet eine Planung der Umstellung der Wärmeversorgung der Kommune mit dem Ziel der Erreichung einer THGneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 durch Nutzung regionaler Ressourcen und erneuerbarer Energien.

2.2 Ergebnisse der Potenzialstudie

Die Potenzialstudie dient zur Bewertung der überbetrieblichen Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe für die Gemeinde, speziell für die Wärmeversorgung von Wohn- und Industriegebäuden. Ziel der Potentialstudie ist es, Wärmequellen zu identifizieren und zu bewerten und adäquate Wärmesenken zur Nutzung dieser Potenziale zu identifizieren. Im Ergebnis werden Realisierungsansätze für eine technische Umsetzung energetischer Maßnahmen im Rahmen einer Grundlagenermittlung erarbeitet, wirtschaftlich bewertet, priorisiert und ein Umsetzungsfahrplan empfohlen. Die ersten Ergebnisse bei Identifizierung und Berechnung der Abwärmequellen und deren jahreszeitliche Verfügbarkeit im Zusammenhang mit der Bilanzierung der Wärmesenken ergab, dass die Errichtung von Nahwärmenetzen in den Kommunen mit industrieller Abwärme der beste Weg ist, die Abwärme sinnvoll und komplett zu nutzen.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 7 von 118



Im Ergebnis dessen geht die Studie aufgrund der aktuellen politischen und damit energiepolitischen Lage noch weiter und setzt mit den Ergebnissen gleichzeitig die Grundlagen für eine kommunale Wärmeplanung. Das heißt, die Studie bezieht in die Bilanzierungen damit auch indirekt nutzbare Abwärme aus der Umwelt sowie Solarthermie als aktive erneuerbare Energieform und Aquiferspeicher als eine Form der saisonalen Speicherung mit ein, um die Wärmenetze entsprechend der Anforderungen der Wärmesenken zu betreiben.

Die energetischen Maßnahmen beziehen sich grundsätzlich auf Verbund- und Einzelmaßnahmen mit einem Anteil am Energiebezug von > 10% des Gesamtbezuges des betreffenden Ortsteils der Gemeinde und es werden Objekte mit besonderer Dringlichkeit zur energetischen Sanierung beachtet.

Die Ergebnisse der Potenzialstudie sollen weiterhin die konkrete Umsetzung des Projektes "Bioenergiedorf Neu-Muldenstein" vorbereiten.

Bei der Erarbeitung der Potenzialstudie gem. Kommunalrichtlinie, Stand 2019, werden in der Umsetzung die Aspekte eines "Integrierten Konzeptes" gemäß den Vorgaben der KfW / Programm 432 Energetische Stadtsanierung / Zuschuss als Grundlage einer Beantragung zur Förderung eines Sanierungsmanagers beachtet [2].

3 Vorgehensweise

Im Auftaktgespräch mit der Gemeindeverwaltung wurden am 10. November 2021 für die Betrachtungen innerhalb der Gemeinde drei Bilanzkreise festgelegt, die über potenziell nutzbare Abwärme- oder Umweltwärmequellen verfügen.

Folgende Bilanzkreise wurden festgelegt:

- Bilanzkreis 1: Ort Muldenstein
- Bilanzkreis 2: Ortsverbund Schlaitz, Gossa, Plodda, Schmerz
- Bilanzkreis 3 Walddorf Krina

Für jeden der drei Bilanzkreise sind bereits im Auftaktgespräch einzubeziehende, potenzielle Wärmesenken und potenzielle (Ab-) Wärmequellen benannt worden und die jeweiligen Ansprechpartner identifiziert.

Seite **8** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



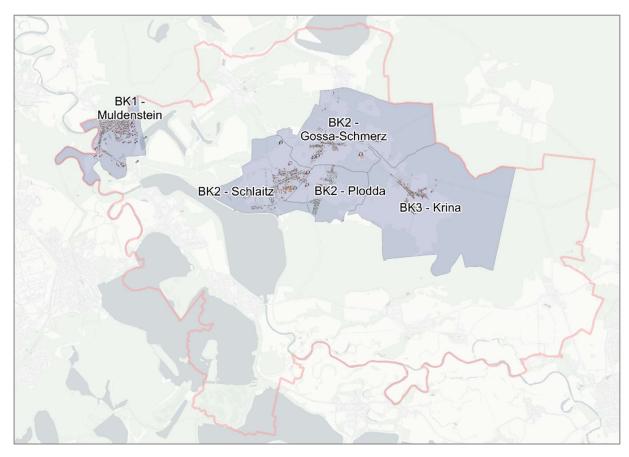


Abbildung 2 | Bilanzkreise (BK) der Potenzialstudie [3]

Im ersten Schritt in der Bearbeitung der Potenzialstudie erfolgte die Datensammlung des IST-Standes in der Gebäudestruktur und den geplanten Baugebieten innerhalb der Bilanzkreise sowie die Kontaktaufnahme, Terminvereinbarung und Gespräche inkl. Datenerfassung der Akteure mit Abwärmequellen oder mit Energieressourcen, die von der Kommune genutzt werden könnten.

Erfasst wurden dabei die Wärmeverbrauchsdaten der Bestandsgebäude sowie der zukünftige Wärmebedarf bereits geplanter Projekte, wie zum Beispiel der zwei Bauprojekte "Feldberg" und "Sonnengrund" in Muldenstein oder die geplante Einfamilienhaussiedlung nördlich Schlaitz. Ebenso wurden Gespräche mit Wohnungsvermietern und -Anbietern sowie Partnern aus Gewerbe und Industrie aus den jeweiligen Bereichen geführt.

Für die Datenerfassung für den Wärmebedarf der Bestandsgebäude konnten entweder genaue Angaben der Vermieter bzw. der Wohnungsgesellschaften genutzt werden oder es wurden die Energiedaten der ENEKA-Karten eingesetzt [4]. Die Daten von ENEKA wurden anschließend und erweiternd mit dem TABULA-Webtool (Einteilung entsprechend Gebäudetypologie für die EU-Mitgliedsstaaten) plausibilisiert und abgeglichen [5] (vgl. Abschnitt 4.2).

Zur Berechnung des sommerlichen Wärmebedarfes wurde der Trinkwarmwasserbedarf (TWW) nach der Anzahl der Einwohner mit jeweils 2,5 kWh/a angesetzt und in die Bilanzierung einbezogen.

Prinzipiell richtete sich die Vorgehensweise der Potenzialstudie nach den ersten Schritten im Ablauf einer kommunalen Wärmeplanung unter Berücksichtigung der Bilanzkreise.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **9** von **118**



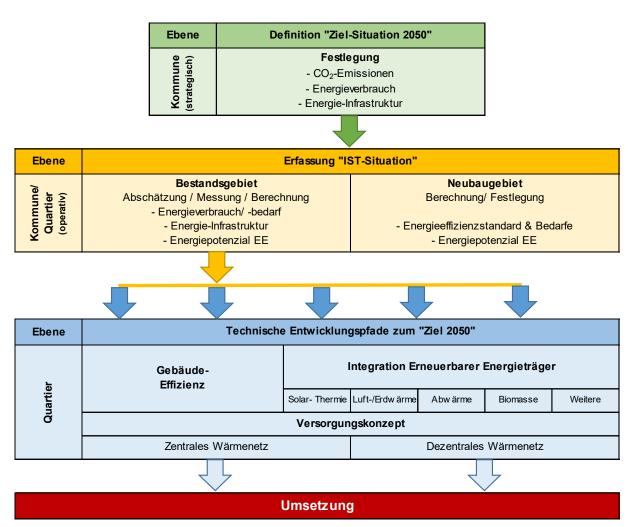


Abbildung 3 | Drei Phasen der Kommunalen Wärmeplanung, [6]

Der erfasste Wärmebedarf sowie die Verbrauchsdaten der Gebäude wurden anschließend, zusammengefasst und Gebäudegruppen zugeordnet. Die Zusammenfassung und Gruppierung erfolgte dabei so, dass sich ein möglichst wirtschaftlich effizientes Nahwärmenetz unter Einbindung der potenziellen Wärmequellen ergibt. Visualisiert wurden die möglichen Wärmenetze inkl. der zugehörigen Wärmeleistungen der Teilbereiche sowie die zugehörigen Wärmequellen über ein Open-Source-Geoinformationssystem. Das Tool bildet dabei alle Gebäude einzeln und mit genauer Lage ab und wurde durch BCC-ENERGIE für diese Aufgabenstellung spezifiziert.

Parallel zur Datenerfassung des IST-Standes erfolgte die Identifizierung der Abwärmequellen, Quellen von Umweltwärme sowie weiteren THG-neutralen Energieressourcen, die für eine zukünftige Wärmeversorgung innerhalb der Bilanzkreise genutzt werden können. Die Recherche umfasste dabei in Priorität 1 industrielle und gewerbliche Abwärme. In Priorität 2 wurden auch Umweltwärme-Ressourcen wie Geothermie und Abwasser eingebunden sowie langfristig verfügbares Roh-Biogas, Bio-Methan und Biomasse aus Abfall und Energieholz aus der Waldumgebung. Die möglichen Ressourcen und Energieträger wurden dabei mit folgenden Kriterien gelistet:

- Verfügbare Energiemenge (MWh/a)
- Stoffart
- Temperaturniveau
- Verfügbarkeit im Tages- und im Jahresverlauf

Seite 10 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Beurteilung der Verfügbarkeit der Ressource (langfristig verfügbar)

Die Erfassung der gemeindeeigenen Flächen in Ortsnähe gehörte ebenfalls zur Datenerfassung. Diese Flächen wurden als mögliche Potenziale zur Nutzung von Geothermie, Solarthermie-Freiflächen oder Photovoltaik-Freiflächen oder für die Ansiedlung von Gewerbe, z.B. Pyrolyse-Anlagen in die Bewertung einbezogen.

Mit den IST-Standdaten zum Wärmebedarf und den potenziell verfügbaren Ressourcen erfolgte anschließend eine Bilanzierung zwischen IST-Stand (unter Einbeziehung einer Sanierungsrate von 1,5% pro Jahr) und nutzbarer Ab- und Umweltwärme für die Wärmeversorgung. Die Sanierungsrate betrug bis ca. 2017 lediglich ca. 1% pro Jahr und es wurde von der Deutschen Energieagentur (dena) nach der gesetzlichen Verankerung des Klimaschutzpaketes eine Steigerung auf 1,5% prognostiziert [7].

Energetische Lücken zwischen Wärmebedarf und Ab- oder Umweltwärmeangebot über THG-neutrale Ressourcen in der Bilanzierung wurden mit zusätzlichen Technologien aus erneuerbaren Energien geschlossen, Überschüsse an Wärmeangeboten wurden in Priorität 1 innerhalb der Gemeinde oder der Region weiter verteilt oder weitergeleitet.

Nach der Erstellung einer ausgewogenen Bilanz konnte anschließend, entsprechend des Temperaturniveau und der Verfügbarkeit der Energiequellen, die technische Lösung – Nahwärmenetz (heiß, wechselwarm, kaltes Netz) sowie die ggf. notwendigen Spitzenlast und die Einbindung von Speichertechniken erarbeitet werden. Daran schließen sich Vorschläge für konkrete Maßnahmen in der Umsetzung inkl. der Benennung von Fördermittelmöglichkeiten an. Die empfohlenen Maßnahmen wurden anschließend in einen Zeitplan eingearbeitet und visualisiert.

4 Methodik der Datenerhebung

4.1 Datenaufnahme der Abwärmequellen und weiterer potenzieller Energieträger

Für die Erfassung der Daten der Abwärmequellen und weiteren Energieressourcen wurden zahlreiche Vor-Ort-Gespräche, weitere Gespräche per Telefon und Informations- und Datenaustausch per E-Mail geführt.

Die Betreiber der Biogasanlagen mit Abwärmepotenzial erhielten dafür speziell erstellte Checklisten zum Ausfüllen. Als im Verlauf der Datenerhebungen die Checklisten nicht ausgefüllt wurden (die BGA-Betreiber gaben Zeitmangel als Grund an) kam es zu erneuten Gesprächsterminen und Telefonaten, bis die Daten eingeholt waren.

Die Abwärmepotenziale vom Rechenzentrum, der Pyrolyse-Anlage und des Tagebau-Restloches wurden anhand von Ergebnissen aus Studien und Herstellerangaben sowie technologisch verfügbaren Daten berechnet.

Mögliche weitere Energiequellen für die Versorgung von Wärmenetzen sind neben der Abwärme, Biomasse aus Energieholz, Solarthermie-Freiflächenanlagen und Umweltwärmenutzung aus Seewasser.

Die verfügbaren Mengen an Energieholz (nach Abzug der stofflichen Verwertung von Holz) wurden mit Bezug auf die Waldfläche, die sich auf Gemeindegebiet befindet, entsprechend den Ergebnissen aus

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 11 von 118



der letzten Bundeswaldinventur und den Informationen des Landeszentrums Wald, Dienststelle Dessau erhoben und berechnet.

Zur Abdeckung der sommerlichen Schwachlastzeit (Versorgung Trinkwarmwasser) in der Wärmeversorgung wurden Solarthermie-Freiflächenanlagen in die Versorgungstechnik für die Wärmenetze eingebunden. Dafür wurden gemeindeeigene Flächen in unmittelbarer Nähe zu den geplanten Wärmetrassen identifiziert und mit einem Flächenschlüssel mit Solarthermie-Kollektoren in Form einer Freiflächenanlage ausgestattet. Anschließend erfolgte die Berechnung der Erträge der Solarthermie-Anlage mit Einbeziehung der Wärmelasten aus den Bilanzkreisen sowie der weiteren Versorger wie Abwärme und Spitzenlastkessel und unter Einbeziehung von saisonalen oder von Kurzzeit-Speichern mit der Simulationssoftware Polysun, Version 2022.7. In einem iterativen Verfahren wurde anschließend die Anlagengröße angepasst.

Die Berechnung möglicher Wärmeerträge aus Umweltwärme erfolgte entsprechend den Angaben zu den Strömungsmengen und Abpumpzeiten (Tagebaurestloch in Muldenstein) und den anerkannten Auslegungs- und Berechnungsgrundlagen von Studien.

4.2 Datenaufnahme der Wärmeverbraucher

Zur Analyse des Energiebedarfs für Bestandsgebäude sowie die potenziellen Wärmebedarfe der Neubaugebiete in den Bilanzkreisen wurden verschiedene Quellen verwendet:

- ENEKA Energiekarten [4]
- Gebäudetypologie [5]
- Abrechnungen der Energieversorger bzw. Vermieter

Abrechnungen vom Energieversorger lagen nur bei den Wohnblöcken im BK1 in der Glück-Auf-Straße in Muldenstein vor. Alle weiteren Daten wurden Eneka und weiterer Bilanzierungssoftware entnommen. Die Firma Eneka entwickelt Algorithmen, um Energiebedarfsdaten für Gebäude zu quantifizieren. Die Berechnungen basieren auf der Grundlage amtlicher Geodaten des Liegenschafts-Kataster-Informations-Systems (ALKIS) in Verbindung mit Daten eines weiteren Anbieters ("Infas 360 GmbH"). Somit kann aus digitalen Gebäudedaten (Gebäudefläche und Höhe) in Verbindung mit weiteren Eigenschaften, wie bspw. dem Baujahr der Energiebedarf von Gebäuden abgeschätzt werden.

Um Veränderungen der Gebäude einzubeziehen, wird die Datengrundlage durch Eneka jährlich aktualisiert und auch bei den oben genannten Bezugsquellen für Daten wird mindestens jährlich eine Aktualisierung der Daten durchgeführt. Die der Studie vorliegenden Daten haben den Stand vom Januar 2022.

In Abbildung 4 ist die Ansicht der Software dargestellt, welche zur Datenaufnahme benutzt wurde.

Seite 12 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



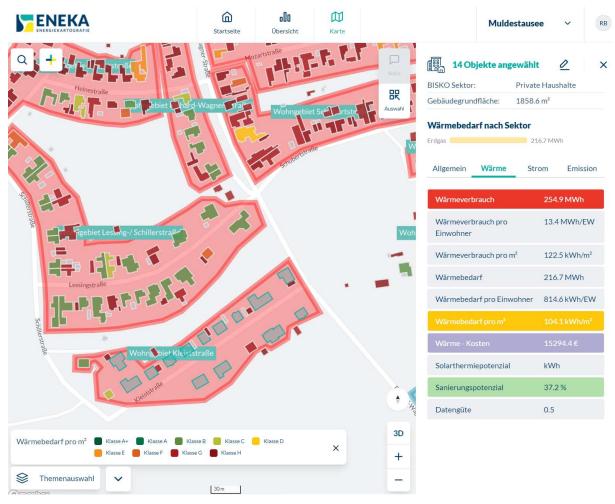


Abbildung 4 | Beispielhafte Darstellung der Eneka-Software mit Daten zur Wärmeversorgung ausgewählter Gebäude im "Wohngebiet Kleiststraße"

Die Datenaufnahme der Wärmeverbraucher wurde straßenzugsweise vorgenommen, wobei jeder Straßenzug einen Anschlusspunkt an das Wärmenetz bildet. In Abbildung 4 ist beispielhaft der Anschlusspunkt "Wohngebiet Kleiststraße" mit einem Wärmebedarf von 217 MWh zu sehen. Die somit erstellten Bedarfswerte für die Bilanzkreise finden sich in den folgenden Kapiteln unter "Bestandsanalyse" wieder.

Eine weitere Quelle für die Bedarfsdaten ist die Datenbank "Tabula" des Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Dabei handelt es sich um eine Klassifizierung des Gebäudebestandes in verschiedene Modellgebäude, welche anhand der Baualtersklasse und Gebäudegröße unterschieden werden. Den Gebäudeklassen werden energetische Kenngrößen zugeordnet, die als Grundlage zur Wärmebedarfsermittlung verwendet werden können.

4.3 Datenverarbeitung

Für die Bewertung der Wärmenetzabschnitte und die Abschätzung der nötigen Leitungslängen wurde eine Geoinformationssoftware (GIS) verwendet. Außerdem sind den Wärmenetzanschlüssen (Straßenzug), welche bestehende Gebäude enthalten, Anschlussquoten zugeteilt worden. Neubaugebiete werden zu 100 % an das Wärmenetz angeschlossen. Die Anbindungsquoten beschreiben den Anteil der Gebäude im Straßenzug in Prozent, welche an das Wärmenetz angebunden werden.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **13** von **118**



Für die Bestimmung der Anbindungsquote wurden Annahmen in Abhängigkeit des Gebäudealters und der Gebäudegröße getroffen.

5 Begriffserläuterungen

5.1 Kalte, wechselwarme Wärmenetze

Da kalte, bzw. wechselwarme Nahwärmenetze neben den konventionellen Heißwasser-Nahwärmenetzen in dieser Potenzialstudie eine Rolle spielen, wird an dieser Stelle der Begriff erläutert und der Zusammenhang zur Abwärmenutzung hergestellt.

Fern- oder Nahwärmenetze wurden bislang zumeist mit preisgünstiger Abwärme aus mit fossiler Energie betriebener Kraftwerksprozesse versorgt. Somit kamen Wärmenetze eher im urbanen Gebiet mit Nähe zu Kraftwerken zum Einsatz. Diese konventionellen, fossilen Netze laufen in der Regel mit Temperaturen zwischen 70 und 110 °C im Vorlauf. Die angeschlossenen Gebäude verfügen über Fernwärme-Übergabestationen (FW-ÜS), im Prinzip ein Wärmetauscher mit sicherheits- und Messeinrichtungen, wo die Wärme vom Wärmenetz an das Heizsystem des Gebäudes übergeben wird. Generell gilt, je höher die Temperatur in einem Wärmenetz ist, desto höher sind auch die Wärmeverluste, auch bei guter Wärmedämmung der Netzleitungen. Diese konventionellen Wärmenetze sind mitunter bereits 50 oder mehr Jahre alt, weshalb oft die Wärmedämmung inzwischen marode ist und den Wärmedämmgrad nicht mehr erfüllt. Ein weiterer Nachteil von hochtemperierten Wärmenetzen ist, dass Abwärme geringerer Temperatur, beispielsweise aus Industrie und Gewerbe, Klärwerken, oder aus Solarthermie-Anlagen oder Umweltwärme nicht in das Netz eingetragen werden können.

Die hohen Verluste und der permanente Betrieb auch bei wenig Bedarf sowie die Verhinderung der Einspeisung von niedertemperierten Wärmequellen sind nicht mehr zeitgemäß, zumal die fossilen Kraftwerke sukzessive abgeschaltet werden.

Das bedeutet im Umkehrschluss, um brachliegende Wärmepotenziale wie Abwärme, Umweltwärme (Geothermie, Abwasser, Seewasser) oder auch Solarthermie nutzbar machen zu können, braucht es kalte, oder auch wechselwarme Nahwärmenetze mit geringeren Netztemperaturen, weil:

- Wärmenetze müssen für erneuerbare Wärmeträger offen sein,
- Wärmenetze müssen viel kälter, 'intelligenter' und abschaltbar sein,
- kalte, intelligente Wärmenetze machen niedertemperierte Abwärmequellen nutzbar (größtes ungenutztes Potenzial in Deutschland!).

Diese kalten, intelligenten (anpassbare, intelligente Regelungen) und wechselwarmen Netze arbeiten mit Vorlauftemperaturen zwischen 10°C und bis zu 50°C, je nach dem Angebot aus den Wärmequellen. Gebäudeeigene Wärmepumpen erhöhen dann je nach Bedarf die Temperatur für das Heizsystem und für die Warmwasserbereitung. Sie nutzen das kalte bzw. wechselwarme Netz dabei als Wärmequelle. Hinzu kommt, dass Rohrleitungen mit einer Temperatur bis zu 50°C aus wesentlich preiswerterem PE-Material errichtete werden können als hochtemperierte Wärmenetze mit > 50°C, die aus Stahlrohren bestehen.

Durch die bedarfsgerechte, 'intelligente' Betriebsführung werden im kalten, wechselwarmen Wärmenetz nennenswerte Verluste vermieden, zumal die Netztemperaturen wesentlich niedriger liegen als bei konventionellen Heißwassernetzen. Das Wärmenetz muss in Zeiten ohne nennenswerten Bedarf nicht betrieben werden. Technisch kann eine Leistungszahl von 9,5 erreicht werden, wenn 30-grädige Abwärme (Anergie - in einem Prozess nicht nutzbare Energie) auf 40 °C zur Versorgung von Flächenheizungen

Seite 14 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



(zum Beispiel Fußbodenheizungen) gehoben wird. Aber auch bei einem Heizsystem mit 60°C Vorlauftemperaturen, wie es in Bestandsgebäuden nach Dämmmaßnahmen, ggf. Heizflächenvergrößerung und hydraulischem Abgleich erreicht werden kann, ist eine sehr gute Leistungszahl von 3,5 bis 4,0 erreichbar. Ein weiterer Vorteil ist, dass kalte Netze über die Wärmepumpe zur sommerlichen Kühlung eingesetzt werden können.

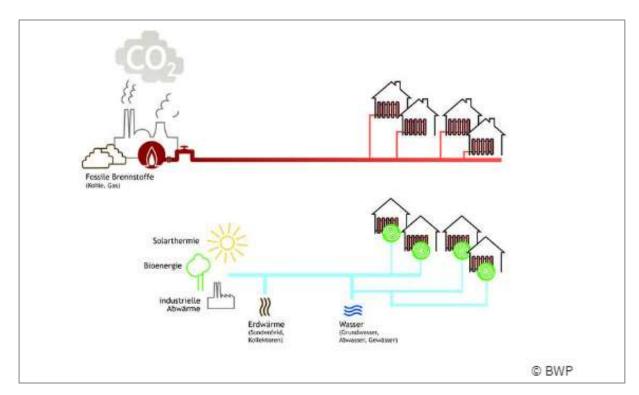


Abbildung 5 | Vergleich konventionelles Heißwassernetz und kaltes Wärmenetz, Quelle: [8]

Kriterium	Konventionelles FW-Netz	Kaltes, wechselwarmes Wärme-		
		netz		
Temperatur VL / RL	70 - 110 °C	10 - 50 °C		
Nutzung	direkt über FW-ÜS	indirekt über Wärmepumpen		
Rohrnetz	relativ kleine Rohrquerschnitte	größere Rohrquerschnitte		
Wärmeverluste	sehr hoch, trotz Isolierung	deutlich geringer, trotz geringerer		
		Isolierung		
Eignung für BHKW-Ab-	gut geeignet, ohne Brennwerteffekt	sehr gut geeignet, mit Brennwert-		
wärme		effekt		
Eignung für Abwärme	schlecht geeignet, nur bei hoher	sehr gut geeignet		
	Abwärmetemperatur als Netztem-			
	peratur			
Eignung für Solarther-	eingeschränkt geeignet,	sehr gut geeignet		
mie	Kollektorerträge: 200 – 450	Kollektorerträge: 500 – 700		
	kWh/m²a	kWh/m²a		
Eignung Kühlung	nur in Verbindung mit ab- oder ad-	direkt über gebäudeeigene		
	sorptiver Kühlung	Wärmepumpen möglich		

Tabelle 1 | Vergleich konventionelles Fernwärmenetz und kaltes Wärmenetz

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **15** von **118**



5.2 Aquiferspeicher

Aquiferspeicher sind natürlich vorkommende Grundwasserleiter mit geringer Fließgeschwindigkeit, die kostengünstige saisonale Wärmespeicherung ermöglichen. Dabei wird die Wärme über Brunnen in den Speicher eingebracht bzw. bei Umkehrung der Durchströmungsrichtung wieder entnommen. Aquiferspeicher weisen oftmals eine Tiefe von 4 - 50 Meter auf, eine Wärmedämmung ist nicht notwendig.

In der technischen Lösung wird das Grundwasser direkt über vertikal, selten auch horizontal abgeteufte Bohrbrunnen als Wärmequelle erschlossen. Das Grundwasser wird mittels einer Unterwassermotorpumpe gefördert, zur Wärmepumpe geleitet und anschließend wieder in den Untergrund zurückgeführt. Es werden somit mindestens zwei Brunnen (Förder- bzw. Entnahmebrunnen und Infiltrationsbzw. Schluckbrunnen) errichtet.

In der Regel werden zwei Bohrungen oder Bohrungsgruppen vorgenommen, die den gleichen Grundwasserleiter erschließen und die zwischen 50 und 300 Meter auseinander liegen, um thermische Beeinflussungen zu vermeiden. Aquiferspeicher besitzen einen Wirkungsgrad zwischen 70% und 90%, das heißt der überwiegende Anteil des eingespeicherten Wärmeüberschusses kann saisonal zeitversetzt wieder entnommen, ggf. mittels Wärmepumpen temperaturmäßig hochskaliert und für Heizungszwecke in der Heizperiode eingesetzt werden. Außerdem ermöglichen Aquiferspeicher, ggf. in Verbindung mit dezentralen Wärmepumpen eine Kühlung im Sommerhalbjahr.

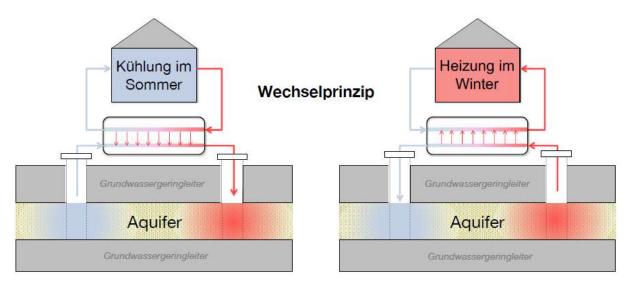


Abbildung 6 | Schema saisonale Aquiferspeicherung [9]

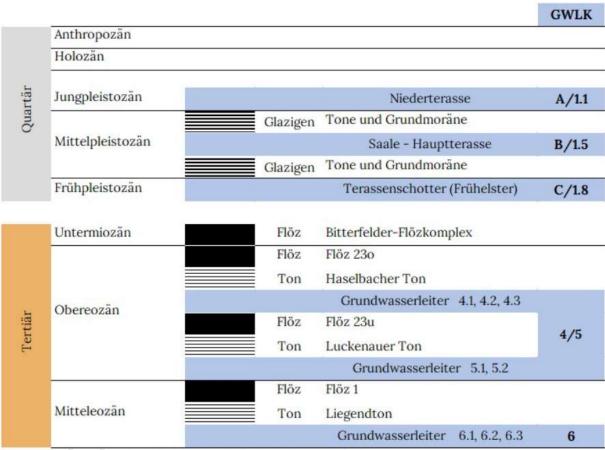
Aquiferspeicher gehören damit zu den so genannten Langzeitwärmespeichern, also den saisonalen Wärmespeichern. Sie sind vor allem im urbanen Gebiet von Vorteil, da der Flächenbedarf gering ist und es somit keine Nutzungskonflikte gibt. Diese Speicher benötigen keine zusätzliche Wärmedämmung, wie Speicher an der Oberfläche und erfordern keinen zusätzlichen Aufbau außer Pumpen und Bohrungen. Bei der Genehmigung sind die Anforderungen der unteren Wasserbehörde des Bundeslandes zu beachten.

Ende 2021 wurde der Schlussbericht "Aquistore – Adaption von Technologien saisonaler Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion" in Mitteldeutschland veröffentlicht [9]. Im Rahmen des Projektes wurde ein Aquiferatlas für Mitteldeutschland erstellt der die Verbreitung der 5 wichtigsten und nutzbaren Grundwasserleiterkomplexe des Quartärs und des Tertiärs ab einer für die Speicherung ge-

Seite 16 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



eigneten Mindestmächtigkeit von 5 m darstellt. "Die Bündelung vorhandener Aquifere zu Grundwasserleiterkomplexen folgt dabei einem Kompromiss aus verschiedenen Nomenklaturen (Erkundungsmethodik Braunkohle, HK 50…) aus Gründen der pragmatischen Anwendbarkeit." [10] Die ermittelten und hier grafisch dargestellten Potenzialräume können künftigen Investoren und Nutzern sowie Planern und Behörden einen ersten Überblick zu vorhandenen nutzbaren Grundwasserleiterkomplexen verschaffen.



Prätertiärer Untergrund (Festgestein mit Zersatzdecke)

Abbildung 7 | Stark vereinfachtes schematisches geologisches Leitprofil für die 'Innovationsregion Mitteldeutschland' mit Clusterung der für eine Wärmespeicherung relevanten Aquifere, Quelle: [9]

Die Innovationsregion umfasst auch das Gebiet der Gemeinde Muldestausee und wurde bei der Beurteilung der Eignung der Gebiete für eine saisonale Wärmespeicherung einbezogen.

Im Rahmen der Potenzialstudie wurde von Fima JENA GEOS Ingenieurbüro GmbH eine Potenzialbewertung zur Aquiferspeicherung der Gemeinde Muldestausee im Unterauftrag vergeben. Die Potenzialbewertung vermerkt dabei Folgendes: "Die Entzugs- respektive Brunnenleistung hängt im Wesentlichen von den hydrogeologischen Gegebenheiten ab, die in einem Pumpversuch nachzuweisen ist. Die Brunnenleistung muss eine Dauerentnahme für den Nenndurchfluss der angeschlossenen Wärmepumpe gewährleisten. Bei einer üblichen Temperaturspreizung der Wärmepumpe von 3 bis 4 K entspricht dies etwa 0,22 bis 0,29 m3/h pro Kilowatt Verdampferleistung.

Bei dieser Erschließungsvariante ist die Beachtung der Hydrochemie wichtig. Aufgrund der teilweise hohen Mineralgehalte im Grundwasser besteht die Gefahr von Ausfällungen und Korrosion in der Brunnenanlage, die deren Funktionsfähigkeit und Lebensdauer erheblich reduzieren können. Ferner müssen bei der Planung die hydrogeologischen Standortgegebenheiten, z.B. die Strömungsrichtung des Grund-

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 17 von 118



wassers in ausreichendem Maße bekannt sein und berücksichtigt werden. Dimensionierung und Ausbaumaterialien der Brunnen (Filterrohre, Filterkies) müssen ebenfalls den Untergrundverhältnissen angepasst werden. Anders als bei geschlossenen Systemen können offene Kreisläufe somit nicht an jedem Standort errichtet werden. Das Vorhandensein eines Grundwasserleiters mit ausreichender Ergiebigkeit und geeigneter Hydrochemie sowie die entsprechende Genehmigungsfähigkeit sind Voraussetzung." [11]

Im gesamten Gebiet der Gemeinde Muldestausee finden sich Möglichkeiten einer Aquiferspeichernutzung, siehe Abbildung 8.

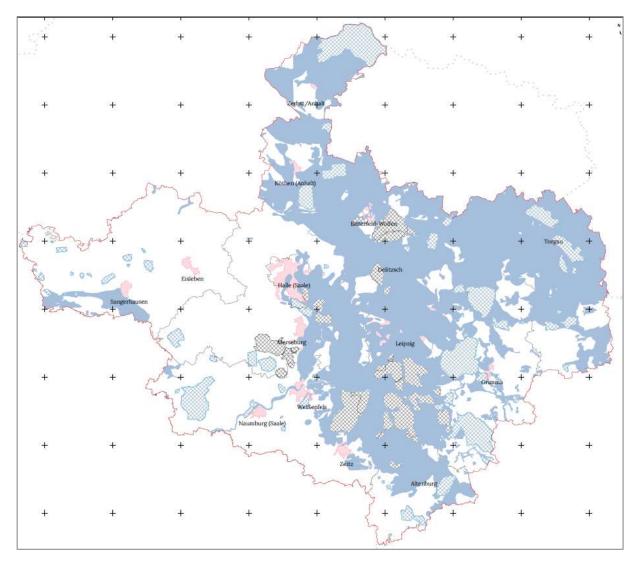


Abbildung 8 | Verbreitungsgebiet der zusammengefassten Grundwasserleiterkomplexe (Quartär und Tertiär) im Innovationsgebiet nach Quelle: [10]

Seite **18** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



6 Bilanzkreis 1 - Bioenergiedorf Muldenstein

6.1 Übersicht Bilanzkreis 1

Der Ort Muldenstein liegt ca. 5 km nördlich von Bitterfeld, westlich der Bahntrasse Bitterfeld – Wittenberg und westlich des Grünen Sees, eines Nebengewässers des Muldestausees und der Mulde. Vom Bahnhof am östlichen Ortsrand sind es nur 140 m Luftlinie bis zum Ufer des Grünen Sees. Zur Staumauer der Mulde beträgt die Entfernung ca. 1,5 km Luftlinie. Ende 2021 verfügte der Ort über 1.895 Einwohner und er umfasst eine Fläche von ca. 3,57 km² (Ausdehnung Nord-Süd: ca. 1,5 km, Ost-West: ca. 1,3 km). Der Bilanzkreis 1 umfasst entsprechend Lageplan folgendes Ortsgebiet inkl. Markierung der einbezogenen Gebäude und Quartiere:



ID	Bezeichnung
1	Rechenzentrum
2	Heizzentrale Muldenstein
3	Spitzenlastkessel
4	Abwasser Restloch
5	Wohnsiedlung Glückauf Dr. Tauber
6	Wohnsiedlung Glückauf Frau Michel
7	Wohnblöcke Burgkemnitzer Straße
8	Wohngebiet Feldberg
9	Sonnengrund-Kita
10	Sonnengrund-Gewerbe
11	Sonnengrund-Entwicklungsfläche
12	Bahnhof
13	Gemeinschaftsschule
14	Herker GmbH
15	Kommunale Wohnimmobilie
16	EFH Lönsstraße
17	Gewerbegebiet östlich Feldberg
18	Wohngebiet Muldebogen

19	Herrenhaus Muldenstein
20	Wohngebiet Papierfabrik
21	Betriebswohnungen Herker
22	Zum Erdbeergrund
23	Grüner See
24	Alban-Berg-Straße
25	Am Wasserwerk
26	Kleiststraße
27	Lessing-/ Schillerstraße
28	Goethe-/ Heinestraße
29	Richard-Wagner-Straße
30	Schubertstraße
31	Mozartstraße
32	NBKS-Süd
33	NBKS-Nord-Ost
34	Rosa-Luxemburgstraße
35	Gunthersblumer-/ Karl-Liebknechtstraße
36	NBKS-Nord-West
37	Wittenberger Straße

Abbildung 9 | Lageplan Ort Muldenstein mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 19 von 118



Im Ortsgebiet von Muldenstein sind aktuell vier neue Baugebiete in Planung, die in der Entwicklung von vornherein in ein Nahwärmkonzept einzubeziehen waren:

- Baugebiet "Feldberg" mit ca. 19.000 m² → Planung: Bebauung mit Wohngebäuden (EFH, MFH)
- Baugebiet "Sonnengrund" mit ca. 16.600 m² → Planung: Bebauung mit Kita und Gewerbe (nutzungsbeschränkt)
- Baugebiet "Muldebogen" mit ca. 12.000 m² → Entwurf: ca. 12 EFH
- Baugebiet nördlich Sonnengrund

Diese Baugebiete bildeten mit den potenziellen Ab- und Umweltwärmequellen die Haupteckpunkte einer zukünftigen netzgestützten Wärmeversorgung. Angrenzende Wohngebiete im Bestand wurden anschließend in die bilanzielle Betrachtung einbezogen, beispielsweise das Wohngebiet Glückauf und das Einfamilienhausgebiet im Nordwesten des Sonnengrunds an der Lönsstraße.

Entsprechend des Protokolls des Auftaktgespräches wurde sich auf folgende **Wärmesenken** der Gemeinde fokussiert, bzw. die Einbeziehung empfohlen:

A: Neue geplante oder in Vorbereitung befindliche Baugebiete

- Baugebiet "Feldberg" (rechtskräftiger Bebauungsplan) mit Ein- und Mehrfamilienhäusern, zum Teil Altersgerechtes Wohnen
- Baugebiet "Sonnengrund" (Bebauungsplan in Genehmigungsphase) mit geplanter Kita und nutzungsbeschränktem Gewerbe
- Baugebiet nördlich Sonnengrund, derzeit nur als Idee, soll als treibhausgasneutrales Quartier, ggf. für altersgerechtes und barrierefreies Wohnen errichtet werden
- Baugebiet "Muldebogen", Nähe ehemaliger Papierfabrik, im Entwurf mit 12 Einfamilienhäusern

B: Bestandsgebäude, Bestandsquartiere

- Wohnsiedlung Glückauf, insgesamt 14 Mehrfamilienhäuser
 - Vermieter Heizungsfirma Michel mit 6 Mehrfamilienhäusern, teilweise saniert, aktuell mit separater Erdgasversorgung pro Gebäude
 - o Privater Vermieter: 8 Mehrfamilienhäuser, jeweils separat versorgt über Erdgas
- 3 Mehrfamilienhäuser parallel zur Neuen Burgkemnitzer Straße mit privaten Vermietern, ein Gebäude in Vermietung der Heizungsfirma Michel
- Bahnhofsgebäude, zurzeit leerstehend, zukünftiges Gewerbeobjekt
- Gemeinschaftsschule und Turnhalle, Betreiber ist der Landkreis
- Kommunales Mehrfamilienhaus mit 20 WE gegenüber Einkaufsmarkt, aktuell Erdgasversorgung
- Baufirma Herker neben dem zukünftigen Rechenzentrum am südlichen Ortsrand
- Sportgaststätte westlich des Baugebietes Feldberg, aktuell Erdgasversorgung, eingeschränkte Nutzung im Winterhalbjahr
- Einfamilienhaussiedlung entlang der Lönsstraße, Baujahre ca. 1930 1950
- Gewerbegebiet Feldberg östlich des Baugebietes Feldberg gelegen, ggf. mit neu zu errichtenden EFH
- Herrenhaus Muldenstein, nördlich der ehemaligen Papierfabrik, kommunales Gebäude, aktuell versorgt mit Erdgas
- Erdbeergrund, südlich des Bahnhofs und östlich der Schienen, wird aktuell als Flüchtlingsunterkunft über eine private Vermieterin betrieben
- Gewerbegebiet neben dem zukünftigen Rechenzentrum mit 10 12 Wohneinheiten (Betriebswohnungen) des Unternehmens

Seite **20** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Als potenzielle Ab- oder Umweltwärmequellen wurden im Auftaktgespräch benannt:

- Zukünftiges Rechenzentrum mit 2.000 m² Gebäude-Nutzfläche plus Verwaltung und ca. 70 Arbeitsplätzen zzgl. weiterer Unternehmen, insgesamt 5.000 m² Nutzfläche
- Pumpwasserstrom aus Tagebaurestloch "Luther-Linde" nördlich der Sportgaststätte, ca. 1.500
 3.000 m³ Wasser/Tag
- Umweltwärmenutzung aus dem Grünen See, privater Besitzer
- Potenziell nutzbare Abwärme aus dem Mulde-Wasserkraftwerk
- Biomasse aus Grünschnitt der Kommune, ggf. nach Veredlung über Biogas-Anlage
- Biomasse aus Waldholz in Form von Holzhackschnitzeln
- Geothermie und / oder Solarthermie auf gemeindeeigenen Grundstücken

Diese Wärmesenken und potenzielle Wärmequellen bildeten die Eckpunkte für die weitere Bearbeitung im Bilanzkreis 1.

6.2 Bestandsanalyse Bilanzkreis 1

In der Bestandsanalyse erfolgte eine monatliche Bedarfsermittlung der Wärmesenken und die sinnvolle Zusammenfassung zu Versorgungs-Quartieren. Über die Hilfsmittel der ENEKA-Karten und das TA-BULA-Webtool wurden die Wärmeleistungen und der aktuell genutzten Energieversorgungssysteme ermittelt. (vgl. Abschnitt 4.2)

6.2.1 Bestandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche

Die Bestandsaufnahme startete entlang der Eckpunkte mit den vorgesehenen Wärmesenken. Dabei wurden Quartiere erstellt, sinnvolle Größen der Quartiere definiert und anschließend der Energiebedarf der zugehörigen Gebäude ermittelt (über direkte Anfragen, zum Beispiel bei den Vermietern bzw. Versorgungsunternehmen) oder abgeschätzt (über ENEKA-Karten mit zusätzlicher Plausibilisierung). Somit konnten in Summe 380 Gebäude bezüglich ihres Wärmebedarfs bilanziert werden.

Die Daten wurden einerseits tabellarisch erfasst und andererseits in Karten dargestellt. Eckpunkte stellten die potenziellen Abwärmequellen und die fokussierten Wärmesenken dar.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 21 von 118



Quartier	Nutzfläche Eneka	rel. Bedarf	Anzahl Gebäude	Anschluss- quote	Bedarf berechnet bei 100% Anschluss	Wärmebedarf entspr. Anschluss- quote	Vollbe- nutzungs- stunden	ID-Nr.	Heizlast nach Quote	Heizlast bei 100% Anbindung
	[m²]	[kWh/m²*a]		[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[h/a]		[kW]	[kW]
Bahnhof	495,8	474	1	100%	200	199,7	2000	5	100	100
Gewerbegebiet Feldberg	1122	146,1	1	70%	164	114,7	2000	24	57	82
Wohngebiet Feldberg	3440	25	1	100%	76		1300	4	58	58
Sonnengrund-Entwicklungsgebiet	2000	25	1	100%	50		1300		38	38
Sonnengrund-Gewerbe	1600	25	1	100%	40		1300	6	31	31
Sonnengrund-KITA	1600	25	1	100%	40	40,0	1300		31	31
Wohnsiedlung Burgkemnitzer Str.	391	150	1	100%	59	58,7	2.000	8	29	29
Wohnsiedlung Glück-Auf-Str.	534,2	150	1	100%	80	80,1	2.000	9	40	40
Wohngebiet NBKS Nord-Ost	1131	257	10	60%	291	174,4	2.000	29	87	145
Wohngebiet NBKS Süd	1845	285	12	80%	526	420,7	2.000	15	210	263
kommunale Wohnimmobilie	984,4	148,9	1	100%	147	146,6	2000	10	73	73
Wohngebiet Richard-Wagnerstraße	1145	139	9	60%	159	95,5	2.000	18	48	80
Wohngebiet Schubertstraße	2739	237	22	55%	649	357,0	2.000	17	179	325
Wohngebiet Lessing-/ Schillerstraße	4711	86	28	60%	405	243,1	1300		187	312
Wohngebiet Kleiststraße	2082	104	14	60%	217	129,9	1300		100	167
Wohngebiet Mozartstraße	4123	216	28	60%	891	534,3	2.000	16	267	445
Wohngebiet NBKS Nord-West	1068	196	6	60%	209	125,6	2.000	26	63	105
Wohngebiet Goethe-/ Heinestraße	3260	197	24	55%	642	353,2	2000	20	177	321
Gemeinschaftsschule	2278,3	100	1	80%	228	182,3	2000	11	91	114
Gemeinschaftsschule	706,4	100	1	80%	71	56,5	2000	11	28	35
Wohngebiet Wittenberger Straße	11000	237	65	40%	2607	1.042,8	2.000	25	521	1.304
Wohngebiet Guntersblumerer/Karl-Lie	4864	226	32	40%	1099	439,7	2000	27	220	550
Wohngebiet Rosa-Luxemburg-Straße	4351	247	28	40%	1075	429,9	2.000	28	215	537
Wohngebiet Lönsstraße	214,2	165,3	1	50%	35	17,7	2.000	7	9	18
Wohngebiet am Wasserwerk	667	240,8	6	60%	161	96,4	2000	21	48	80
Wohngebiet Alban-Berg-Straße	1214	200	9	60%	243	145,7	2000	19	73	121
Betriebswohnungen Herker	288,7	162	1	50%	47	23,4	2000	2	12	23
Herker GmbH	544,9	469	1	50%	256	127,8	2000		64	128
Herrenhaus	446,9	307,2	1	80%	137	109,8	2000	3	55	69
Wohngebiet Muldebogen	1680	25	12	100%	42	42,0	1.300	1	32	32
Wohngebiet Papierfabrik	750	25	5	100%	19	18,8	1.300	' '	14	14
Alte Ziegelei Innovationszentrum	3500	25	1	100%	88	87,5	1.300	30	67	67

Tabelle 2 | Wärmeverbrauch der einbezogenen Quartiere, Ort Muldenstein (Auszug aus Erfassungsdatei)

Für einen Teil der Mehrfamilienhäuser am nordöstlichen Ortsrand lagen genaue Verbrauchsangaben vor und wurden eingerechnet. Für die übrigen Gebäude wurden die ENEKA-Daten entsprechend dem jeweiligen Baujahr der Gebäude eingesetzt. In den Mehrfamilienhäusern werden aktuell zentrale Erdgaskessel eingesetzt. Das trifft ebenso auf die privaten Gebäudebesitzer zu. Auch hier werden zu > 90% Gasheizungen betrieben, bis auf wenige Ausnahmen mit dem Einsatz von Geothermie in Verbindung mit Wärmepumpen.

Bei der Berechnung des Wärmebedarfes in MWh/a und der Heizlast in kW wurde zwischen einer angenommenen Anschlussquote zwischen 40 und 100% und einer 100%igen Anschlussquote der Haushalte bzw. Gebäude unterschieden. Bei den Neubaugebieten wurde dabei stets von einer 100%igen Anschlussquote ausgegangen.

Aufgrund der zum Teil weit auseinander liegenden Quartiere und Ortbereiche wurde zwischen Baugebiet Nord und Baugebiet Süd unterschieden. Im Baugebiet Nord befinden sich unter anderem die Neubaugebiete Feldberg und Sonnengrund, der Bahnhof und die Anschlussmöglichkeit an die Nutzung der Umweltwärme aus dem Grünen See. Im südlichen Baugebiet befindet sich neben einigen kommunalen Gebäuden (Herrenhaus), Gewerbe und kleinerer Ortsteile mit dem Rechenzentrum die größte Abwärmequelle.

Seite **22** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Die Ergebnisse für den Bilanzkreis 1 Muldenstein sehen wie folgt aus:

Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	Heizlast 100% Anschluss	Heizlast nach Anschluss- quote	TWW-Last 100% Anschluss	TWW-Last nach Anschluss- quote
		[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
BK1	Muldenstein-Nord	13.831	7.841	6.585	4.077		
BK1	Muldenstein-Süd	588	409	334	245		
BK1 G	esamt	14.418	8.251	6.919	4.321	128	91

Tabelle 3 | Ergebnisse Bilanzierung Wärmeverbrauch einbezogener Quartiere, Gebäude und Neubaubereiche, Bilanzkreis 1 Muldenstein

Der Wärmebedarf für die sommerliche Schwachlastzeit besteht hauptsächlich aus dem Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung (TWW-Bedarf) und wurde nach der Einwohneranzahl mittels Kennzahl berechnet, siehe nachfolgende Tabelle.

Trinkwasserbedarf	Muldensteir	
spez. Wärmebedarf TWW	2,5	kWh/(d*EW)
Einwohner Muldenstein	1895	
spez. Wärmebedarf	0,058	kWh/l
spez. Trinkwassermenge	40	l/(d*EW)
Gesamtbedarf pro Tag	48512	l/d
Netzabdeckung Ortschaft	64%	
Verbrauch berechnet 100% Anbindg.	1027	MWh/a
Verbrauch nach Anbindgsquote	727	MWh/a
Last TWW (8h Volllast) 100% Anbindg.	128	MW
Last TWW (8h Volllast) Anbindgsquote	91	MW

Tabelle 4 | Berechnung TWW-Bedarf nach Einwohnerzahl

6.2.2 Identifikation der Abwärmequellen / Umweltwärmequellen

6.2.2.1 Biogasanlagen

Die nächsten Biogasanlagen befinden sich in Schlaitz und in Schmerz. Beide Anlagen benötigen derzeit ihre Abwärme im Winter zum Großteil selbst. Dieser Umstand lässt eine Nutzung der Biogas-Abwärme für die Gemeinde Muldenstein wirtschaftlich nicht sinnvoll darstellen. Weiterhin kommt erschwerend die Entfernung der Anlagen zum Ort Muldenstein hinzu, sodass eine Nutzung der Wärme in den direkt angrenzenden Orten Schlaitz bzw. Schmerz sinnvoller ist. Aus diesen Gründen wird eine Nutzung von Biogas-Abwärme im Bilanzkreis Muldenstein nicht weiter betrachtet.

6.2.2.2 Rechenzentrum

Das am südlichen Ortsrand geplante Rechenzentrum inkl. Innovationszentrum durch Sanierung der ehemaligen Ziegelei soll eine Nutzfläche von 5.000 m² und 170 Arbeitsplätze beherbergen. Das Rechenzentrum selbst ist mit 2.000 m² zzgl. Verwaltungsfläche und 70 Arbeitsplätzen laut Projektskizze veranschlagt [12]. Das Rechenzentrum stellt mit seinem Abwärmepotenzial einen Eckpunkt im zu planenden Nahwärmenetz dar.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 23 von 118



Rechenzentren haben aufgrund der hohen Anzahl an strombetriebenen Hardwareelementen, die sich im Betrieb erwärmen, einen hohes Abwärmepotenzial. Die Abwärmemenge und die Temperatur der Abwärme richten sich dabei nach der Belegungsdichte im Rechenzentrum mit Racks.

Ein Rack, auch IT-Rack genannt, sind Schränke mit einem Gestell, das als Montageraster dient, worin Server, Switches, Router, Bridges, Speichermodule, Patchfelder und andere IT- oder Netzwerkkomponenten montiert werden. Dazu kommen Kabelführungen, Kabelfangschienen, Kabelbügel, Sensoren, Kühleinrichtungen und abschließbare Türen. Die Racks haben je nach Belegungsdichte der Hardwarekomponenten eine Stromlast von 10 - 30 kWel. Dabei entsteht Abwärme, die je nach Auslastung der Racks zwischen 5 - 10 kWtherm liegen kann. Diese Wärmelast wird entweder über eine luftgeführte Kühlung oder, nach neuer und effizienterer Technologie, auch über wassergeführte Kühlung abgeführt. Die Abwärme aus den luftgeführten Kühlungsanlagen hat dabei eine Temperatur von ca. 25 – 35 °C, bei wassergeführten Systemen bis zu 60°C.

Durch die erhöhte Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu Luft, ermöglicht eine wasserbasierte Kühlung eine etwa 10-mal höhere Wärmedichte, damit auch erhöhte Leistungsdichte im Vergleich zu einem luftgekühlten System. Weiterhin ermöglicht eine Wasserkühlung eine erhöhte Prozessorleistung der Server. Beim Betrieb der Server kann etwa 90 % der entstehenden Wärme, welche nahezu der elektrischen Energie zum Betrieb entspricht, über die Wasserkühlung abgeführt werden [13]. Die restlichen 10 % der Wärme müssen weiterhin mittels Luftkühlung abgeführt werden. Somit wird bei wassergekühlten Racks die gesamte Kühlleistung nur noch zu etwa 30% über Luftkühlung gedeckt, somit reduziert sich der Stromverbrauch der Kühlanlage. Insgesamt sinkt der Energieverbrauch für die Kühlung des Rechenzentrums gegenüber RZ mit kompletter Luftkühlung um bis zu 70%.

Im Gegensatz zur Luftkühlung wird bei der Flüssigkühlung die Abwärme überwiegend direkt von den relevanten Komponenten der Server wie beispielsweise dem Prozessor (CPU) und dem Grafik-Chip (GPU) abgeführt. Üblich ist die Verwendung von Wasser, was sehr umweltverträglich ist. In diesem Fall spricht man auch von Warmwasserkühlung, da die Vorlauftemperatur hier 45 bis 50 °C beträgt. Der Rücklauf von 55 bis 60 °C kann diese direkt zur Gebäudeheizung eingesetzt und Überschüsse in diesem Fall direkt in das kalte Nahwärmenetz von Muldenstein abgegeben werden [14].

Nach dem Standard ASHRAE TC9.9 2016 und den Normen VDI 2054 & EN 50600 ist eine Zulauftemperatur zum Rack von maximal 27 °C zulässig. Mit einer gut ausgelegten RL-Temperatur des Nahwärmenetzes von max. 25 °C kann die Kühlung direkt über den Rücklauf des Netzes erfolgen.

6.2.2.3 Abwärmenutzung Abpumpstation Restwasser-Tagebau

Westlich des Sportlerheims befindet sich ein Tagebau-Restwasser-Bereich, der von der Gemeinde auf einem maximalen Wasserstand gehalten werden muss. Durchschnittlich werden an 10 Stunden pro Tag ca. 100 m³/h Wasser mit durchschnittlich 10°C abgepumpt. Da diese Pumpstation bereits besteht und Wasser regelmäßig über bereits vorhandene Rohrleitungssysteme bewegt wird, kann hier Umweltwärme, nutzbar für kalte bzw. wechselwarme Netze mit einer Temperatur zwischen 0°C und 15°C ohne großen technischen Aufwand nutzbar gemacht werden.

6.2.2.4 Abwärmenutzung aus der Umwelt

Der Bahnhof Muldenstein liegt nur in ca. 150 m Entfernung zum Grünen See. Der See liefert je nach Jahreszeit Vorlauftemperaturen, die in ein kaltes bzw. wechselwarmes Wärmenetz eingespeist werden können von 0°C (Winter) bis 15 °C (Sommer).

Die in Seen enthaltene Wärme kann zwar nicht direkt zum Heizen verwendet werden, da die Wassertemperatur (in der Heizperiode) unterhalb der Vorlauftemperatur des Heizkreises liegt, aber über eine

Seite 24 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Anhebung der Temperatur mittels Wärmepumpen auf die gewünschte Vorlauftemperatur, z.B. 45 -60°C, kann die Wärme über kalte oder wechselwarme Nahwärmenetze für die Trinkwarmwasserbereitung und Gebäudebeheizung im Bestand sowie im Neubau genutzt werden. Aus technologischer Sicht werden dabei folgende Teilprozesse unterschieden [15]:

- Wärmeentzug aus dem Seewasser (durchschnittlich 10°C) → direkte Einspeisung in kaltes Netz
- Wärmetransformation über zentrale Wärmepumpe (30-35°C) → Einspeisung in wechselwarmes Netz
- Wärmeverteilung über ein kaltes oder wechselwarmes Nahwärmenetz
- Übergabe an Gebäudeheizungsanlagen mit dezentralen Wärmepumpen (Anhebung auf 45-60°C)
- Alternativ außerhalb der Heizperiode: Übergabe an dezentrale Wärmepumpen im Gebäude zur Kühlung

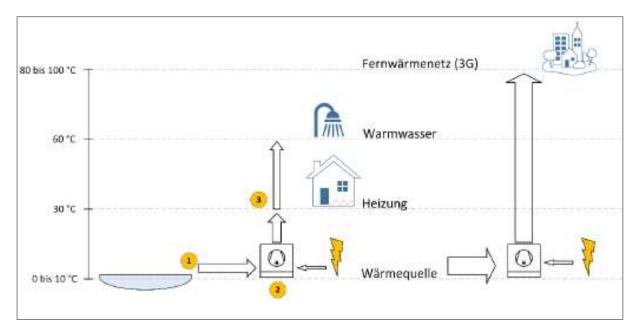


Abbildung 10 | Teilprozesse einer Seethermie-Anlage mit beispielhaften Temperaturniveaus im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen mit hochtemperierten FW-Netzen, Quelle: [15]

Beim Entzug der Wärme aus dem See wird dabei ein Zwischenkreislauf eingesetzt, um das Gewässer gegen Eintragung von Kältemittel bei Störung oder Beschädigung abzusichern.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **25** von **118**



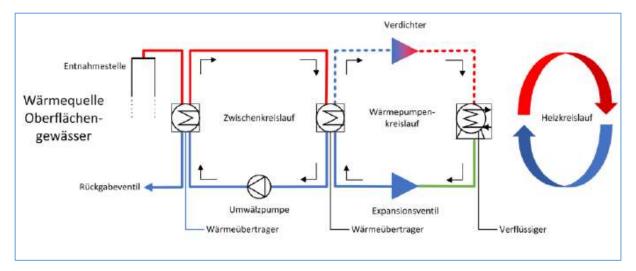


Abbildung 11 | Schema Energiesystem mit Zwischenkreislauf, Quelle: [15]

Eine Nutzung der Umweltwärme aus Seewasser zur Versorgung des Ortes Muldenstein wird als Variante in Betracht gezogen, sofern das Rechenzentrum nicht errichtet wird.

6.2.2.5 Einsatzmöglichkeiten Solarthermie-Freiflächen

Solarthermische Anlagen, insbesondere auch als Freiflächenanlagen sind schon seit längerem in Verbindung mit Nahwärmenetzen in der Anwendung. Insbesondere in Dänemark existieren bereits zahlreiche Anlagen und Erfahrungen. In Deutschland wurden bereits Anfang der 2000er Jahre große thermische Solaranlagen mit dem Solarthermie-2000-Programm errichtet, analysiert und Empfehlungen für Auslegung und Planung veröffentlicht.

Die Anlagen erreichen inzwischen Größen bis zu 100 MW_{therm} und erzeugen Wärme zu wettbewerbsfähigen Gestehungskosten von unter 50 Euro je MWh. Die Wärmekosten solcher Freiflächenanlagen liegen deutlich unter denen von dezentralen Lösungen in einzelnen Gebäuden. Es ist daher deutlich kosteneffizienter, auf größere Freiflächenanlagen im Verbund mit Wärmenetzen zu setzen [16].

Nahwärmenetze in Kommunen oder in Quartieren eignen sich für den Einsatz von Solarthermie-Anlagen, insbesondere in Kombination mit saisonalen Speichern. Der solare Deckungsanteil der Solarthermieanlage kann dabei von 0,5 bis 50% reichen, je nach Temperaturwerten im Nahwärmenetz, Speicherung und Größenverhältnissen [17].

Seite **26** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



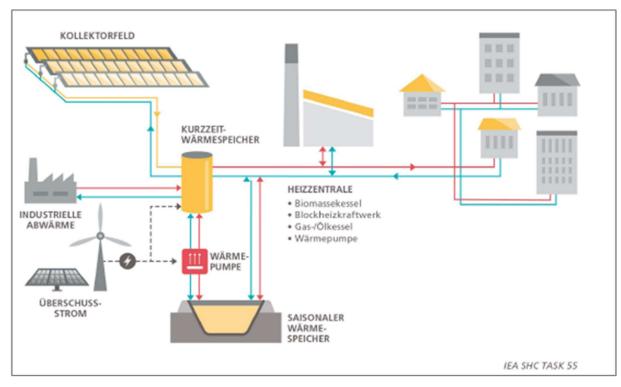


Abbildung 12 | Beispielhafte Einbindung einer Solarthermieanlage in ein Wärmenetzsystem, Quelle: [17]

Ein großer Vorteil von Solarthermieanlagen zu alternativen Versorgungskonzepten, wie z.B. durch Biomasse bzw. Energiepflanzen ist der weitaus geringere Platzbedarf zur Erzeugung der gleichen Energiemenge. So benötigt ein Solarthermie-Kollektorfeld etwa 50-mal weniger Fläche zur Erzeugung der gleichen Energiemenge, wie die Erzeugung mittels Energiepflanzen benötigen würde [18]. Die folgende Abbildung 13 zeigt exemplarisch eine Solarthermie-Freiflächenanlage.



Abbildung 13 | Beispiel für ein Kollektorfeld mit Flachkollektoren [19]

Für eine potenzielle Solarthermieanlage, die direkt in das Nahwärmenetz einspeist und bei Überschüssen die Wärme in den Aquiferspeicher abgibt, wurden gemeindeeigene Flächen in der Nähe der Heizzentrale bzw. des Netzes gesucht und virtuell eingebunden.

6.2.2.6 Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung

Die Abwärme aus dem Rechenzentrum steht ganzjährig zur Verfügung. Erträge aus einer Solarthermie-Freiflächenanlage sind aufgrund des Sonnenenergieangebotes generell im Sommer höher als im Winterhalbjahr. Gleichzeitig wird außerhalb der Heizperiode eine geringere Wärmelast im Nahwärmenetz

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 27 von 118



abgefordert. Die Gebäude benötigen eine geringere Heizwärmemenge in der Übergangszeit. Lediglich der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ist nahezu gleichbleibend im Jahresverlauf.

Die Bilanzierung aus Wärmelast, Abwärmeangebot aus dem Rechenzentrum und Solarthermie-Erträge ergeben einen Wärmeüberschuss im Sommer. Zur saisonalen Speicherung der Wärmeüberschüsse wird die Einbindung eines Aquiferspeichers in die Gesamtanlagenkonfiguration vorgesehen.

6.2.3 Örtliche Zusammenführung von Wärmesenken / Wärmequellen

Nach der Bestandsanalyse der Wärmesenken, siehe Kapitel 6.2.1 und der Identifizierung potenzieller Abwärme- oder Umweltwärmequellen, siehe Kapitel 6.2.2, erfolgte die Bestimmung und vorläufige Festlegung der Trassenführung mit Berechnung der Versorgungsdichte und der zu erbringenden Wärmeleistung je Trassenabschnitt.

Auf dieser Basis wurde ein Nahwärmenetz für Muldenstein geplant, in Teilbereiche untergliedert und die jeweiligen Quartiere zugeordnet. Die gesamte Darstellung des Bilanzkreises 1 zeigt folgende Abbildung:



Abbildung 14 | Darstellung geplante Nahwärme-Netzstruktur mit Quartierszuordnung, Lage der Wärmequellen und Solarthermie-Freiflächen im Bilanzkreis 1

Seite 28 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Das eingerechnete Rechenzentrum, gelegen im südlichen Bereich des zukünftigen Wärmenetzes, befindet sich noch in der Genehmigungs- und Planungsphase. Die Schaffung des südlichen Teilbereiches des Wärmenetzes sollte deshalb davon abhängig gemacht und auch erst dann umgesetzt werden, wenn das Rechenzentrum errichtet wird. Und auch nur dann empfiehlt sich aus wirtschaftlichen Gründen eine Einbindung der Umweltwärme aus dem Tagebaurestloch und eine Erweiterung am westlichen Rand des Netzes.

Daraus ergab sich folgende Verteilung der zu versorgenden Teilbereich im Nord- und Südbereich von Muldenstein (Bilanzkreis 1), einschließlich der Angaben zu den notwendigen Leistungen in den Teilbereichen des Netzes:



Abbildung 15 | Nahwärmenetz Muldenstein, nördlicher Bereich (Grobplanung)





Abbildung 16 | Nahwärmenetz Muldenstein, südlicher Bereich (Grobplanung)

Die Einbeziehung der Quartiere und Gebäude erfolgte nach den eingangs festgelegten Eckpunkten der Abwärmequellen und den fokussierten Verbrauchsgebieten sowie nach wirtschaftlichen Aspekten einer möglichst dichten Struktur des Wärmenetzes. Die Netz-Verteilung ist als Grobplanung zu betrachten. Einer detaillierten Planung müssen eine kommunale gesteuerte Akteursbeteiligung, eine Informationskampagne und eine Befragung zum Anschlusswillen voraus gehen, die anschließend eine Konkretisierung der Grobplanung erforderlich machen.

6.2.4 Kühlungs- und Kältebedarf

Ein Kältebedarf im Rechenzentrum entsteht nicht, wenn die Abwärme technisch korrekt abgeführt wird. Für den Redundanzfall sind Doppelpumpenanlagen vorzusehen.

Für die Gebäude wurde ein Kühlungsbedarf im Rahmen der Potenzialstudie nicht erfasst oder berechnet. Für Gewerbe und Industrie ist ein Kühlungs- oder Kältebedarf nicht bekannt.

Ein aufgrund des Klimawandels zunehmender Kühlungsbedarf der Gebäude (Neubau sowie Bestandsgebäude) muss bei der Planung im Neubau mit entsprechenden Kühlflächen beachtet werden. Im Wohngebäudebestand war das Thema Kühlung bislang wenig relevant. In den Wohngebäuden mit Baujahr vor 2010 wurde entweder keine Kühlung vorgesehen oder es wurden in Einzelfällen strombetriebene Lösungen über Splitanlagen oder ggf. nächtliche Lüftung vorgesehen, bzw. bauliche, passive Lösungen geschaffen.

Seite **30** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Beim Einsatz dezentralen Wärmepumpen zur Wärmeversorgung der Gebäude aus dem Nahwärmenetz sind Wärmepumpen auszuwählen, die im Sommer eine Kühlung ermöglichen.

Generell sind vor allem im Neubaubereich bauliche Maßnahmen zur passiven Kühlung (Dachüberstände, Isolierverglasung, sommerlicher Wärmeschutz über Verschattungseinrichtungen, Atrien, Begrünung) sind einer Kühlung mit stromversorgter Anlagentechnik vorzuziehen.

6.3 Potenzialanalyse Bilanzkreis 1

6.3.1 Bewertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten

6.3.1.1 Rechenzentrum

Eine direkte Abwärmenutzung im Bilanzkreis 1 ergibt sich aus dem geplanten Rechenzentrum. Über den Einsatz von wassergekühlten Servern, was bei einem neu zu errichtenden Rechenzentrum von vornherein geplant werden muss, kann bis zu 60°C Temperaturniveau genutzt werden.

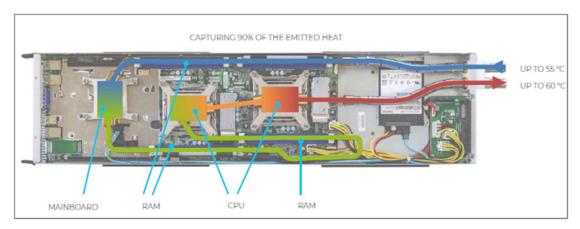


Abbildung 17 | Beispiel Heißwasser-Direktkühlung, Quelle: [20]

Bei der Berechnung der potenziellen Abwärmeleistung wurde von 15 kW Stromlast pro Rack ausgegangen und einer Belegungsdichte von 150 Racks pro 500 m² Nutzfläche. Bei 30% Auslastung der Racks, einem thermischen Anteil der Last von 105% (Quelle: [21]) und einer Flächenausnutzung von 2/3 können 2,13 MW an Abwärmeleistung ausgekoppelt werden.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **31** von **118**



BK 1 - Muldenstein: Rechen	zentrum	
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit
Nutzfläch, geplant	2.000 + Verwaltung	m²
Anzahl Arbeitsplätze	70	Stück
Annahmen:		
spez. Anzahl Racks	150	Racks/500 m ²
Fläche mit Racks	1.500	m² mit Racks belegt
Anzahl Racks	450	Racks insgesamt
spez. Abwärmeleistung	15	kW/Rack
Auslastung der Server	30%	
thermischer Anteil der Last	105%	
technische Daten		
Abwärmeleistung gesamt	2,13	MW
verfügbare Abwärmemenge gesamt	18.626	MWh/a
genutzte Abwärmenge aus Simul.		MWh/a
Temperaturniveau	60	°C
Verfügbarkeit	8.760	h/a
saisonale Schwankungen	keine	
Betriebs- und Investitionskosten		
Wärmetauscher	7.000	€
Rohrleitungen	5.000	
Netzanschluss	2.000	
Investition Aquifer	210.000	
Wärmepumpe (2 MW) für Aquifer	300.000	
Pumpen inkl. Verteiler (4)	80.000	
Investitionskosten gesamt	604.000	
Wartung pro Jahr Anlagentechnik	15.700	€ /a
Wartung für Aquifer	10.000	€/a
Stromverbrauch Wärmepumpe		MWh/a
Stromkosten Wärmepumpe	391.275	
Stromverbrauch Pumpen pro Jahr	,	MWh/a
Betriebskosten Pumpen pro Jahr	22.867	
Betriebskosten pro Jahr gesamt	439.842	€/a

Tabelle 5 | Kalkulation Abwärmemenge Rechenzentrum

Entsprechend der Berechnungen aus Tabelle 5 kann vom Rechenzentrum eine Leistung von 2,13 MW und eine Abwärmemenge von ca. 18.600 MWh pro Jahr geliefert werden. Da die Energie des Rechenzentrums auch im Sommer anfällt, wenn der Bedarf der Gebäude niedrig ist, kann nicht das gesamte Potential genutzt werden. In der Simulationsrechnung wurde die zur Gebäudebeheizung nutzbare Energiemenge demnach auf 10.623 MWh beziffert.

Für die Investitionskosten wurden nur die voraussichtlichen Kosten abgeschätzt, die eine Auskopplung der Abwärme im Rechenzentrum bewerkstelligen. Die Anlagentechnik zur Kühlung der Racks ist hier nicht mit eingerechnet, sie gehört zu den Investitionskosten des Rechenzentrums.

6.3.1.2 Abpumpstation Restwasser-Tagebau

Um direkt auf einem Temperaturniveau des Nahwärmenetzes einspeisen zu können, wird eine Wärmepumpe betrieben, die die Durchschnittstemperatur der Quelle von 10 °C auf ca. 15°C anhebt. Damit ist die Einspeisung in ein kaltes, wechselwarmes Netz möglich. Liegen die Netztemperaturen im Sommer, also außerhalb der Heizperiode, höher als 15°C, z.B. aufgrund des Solarthermie-Ertrages, wird nach Temperaturdifferenz (Quelle und Netztemperatur) und Wirtschaftlichkeit eines weiteren Wärmepumpenbetriebs entschieden, ob die Quelle zwischenzeitlich abgeschaltet oder weiter genutzt wird.

Folgende Berechnungen liegen dafür zugrunde:

Seite **32** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



BK 1 - Muldenstein: Abwasser Restlock			
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Pumpzeit	7-14	h/d	
durchschnittliche Pumpzeit	10	h/d	
pro Jahr durchschn.	900.000	m³/a	
pro Tag durchschn.	2.466	m³/d	
Volumenstrom pro Stunde	103	m³/h	50-60 l/s
Pumpentyp: Sulzer ABS XFP 150G -CB1506-PE110/4 -G -5D	EX; Qmax 170m³/	h ; 400V	
Berechnungen:			
Temperatur Quelle (durchschn.)	10	°C	
Netztemperatur im Vorlauf	10	°C	
Netztemperatur im Rücklauf	8		5-8 °C
Einsatz Wärmepumpe zur Anhebung auf	15	°C	
Temperaturdifferenz Wärmepumpe	5	K	notwendige Temperaturanhebung WP
Volumenstrom über Wärmepumpe(n) heizseitig	87	m³/h	
Wärmemenge pro Jahr	1.843	MWh/a	
Leistung / Typ WP (Wasser/Wasser-WP)	505	kW	Referenz: Swegon Omega sky 43.1
Stromverbrauch Wärmepumpen pro Jahr	386,9	MWh/a	
Strompreis Gemeinde	0,25	€/kWh	
Investitionskosten / Betriebskosten			
Rohrleitungen	4.500		
Pumpen	9.000		
Investitionskosten WP inkl. WT	75.000	€	
Gesamtkosten Investition	88.500		
Betriebskosten pro Jahr (Wartung + Strompreis)	97.025	€/a	Annahme: 300 € Wartung, IH/a

Tabelle 6 | Berechnungsergebnisse Wärmenutzung aus Tagebau-Restloch

Die Berechnungsergebnisse zeigen eine über Wärmepumpe hochskalierte Wärmemenge von 1.843 MWh pro Jahr, die in den südlichen Netzbereich von Muldenstein eingespeist werden kann. Aus vielfältigen Gründen wurde diese Abwärmequelle allerdings nicht in der nachfolgenden Simulation mit einbezogen. Zum einen aufgrund der abgelegenen Lage zum Muldensteiner Kerngebiet, zum anderen befindet sich im näheren Umfeld des Restloches eine geringe Dichte an betrachteten Wärmeabnehmern.

Als in der Studie betrachtete, örtlich nahe Wärmeabnehmer kommen nur das Herrenhaus Muldenstein und die Neubau-Siedlungen an der Papierfabrik und am Muldebogen in Frage, deren Bau mit Stand der Studien-Fertigstellung noch nicht abzusehen ist (vgl. Abbildung 18). Außerdem ist eine ausreichende Deckung des Energiebedarfs auch ohne das Erschließen des Abwasser Restlochs gewährleistet.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **33** von **118**



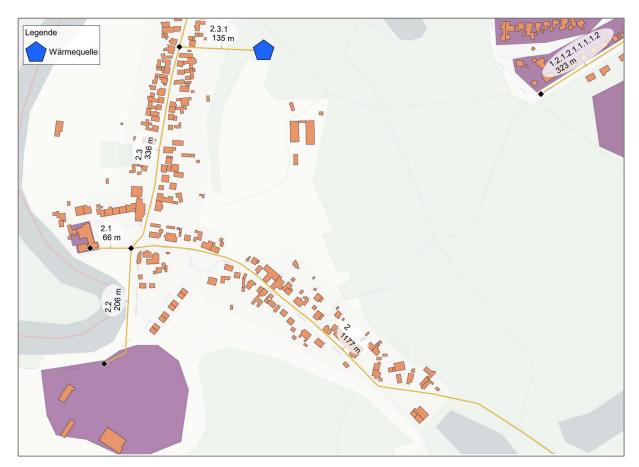


Abbildung 18 | Darstellung des südlichen Netzabschnittes mit der Wärmequelle des Restloch-Abwassers und den Abnehmern Herrenhaus und Wohngebieten an der Papierfabrik und am Muldebogen

Die grob kalkulierten Investitionskosten liegen bei 88.500 €. Die Betriebskosten liegen bei ca. 97.000 € pro Jahr bei einem Strompreis von 0,25 €/kWh inkl. 300 €/a Wartungskosten.

6.3.2 Bewertung indirekter Abwärmenutzungsmöglichkeiten

6.3.2.1 Umweltwärme aus Grünem See

Die Umweltwärme aus dem Grünen See stellt eine sehr große, nahezu unbegrenzte Umweltwärmequelle dar. Die Nutzungsmöglichkeit von Seewasser als Wärmequelle wurde detailliert in [15] beschrieben (vgl. Abbildung 19). Die Berechnung des Wärmepotenzials aus dem Seewasser beruht auf einer skalierbaren Anlagenkonfiguration. Für die Berechnung wurde eine Anlage mit 500 kW Entzugsleistung als Grundlage genutzt. Eine Verdoppelung der Entzugsleistung auf 1.000 kW ist möglich.

Sollten genehmigungsrechtliche oder örtliche Probleme eine Umweltwärmenutzung nördlich des Bahnhofes im Grünen See nicht ermöglichen, so kann eine Errichtung der Anlage auch an der Muldetalsperre (Entfernung ca. 1,1 km) geprüft werden. Die Talsperreneinrichtung verfügt mit der kontrollierten Strömung bauliche Vorteile, die ggf. die Anlagentechnik preisgünstiger gestalten können.

Um die Wirksamkeit der Seewassernutzung zu erhöhen, wird der Einsatz einer Vakuumeis-Technologie in die Netzsimulation ein bezogen. Die Vakuumeis-Technologie ist eine besondere Form eines offenen Systems, bei dem das Seewasser gleichzeitig als Kältemittel dient (vgl. Begriffsklärung im Abschnitt Wärmepumpen). Im Gegensatz zu einem konventionellen Seewasser-Wärmeübertrager erfolgt in der

Seite **34** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Vakuumeis-/Direktverdampfungsanlage neben dem Wärmeentzug auch eine (erste) Erhöhung des Temperaturniveaus der dem Seewasser entnommenen Wärme.

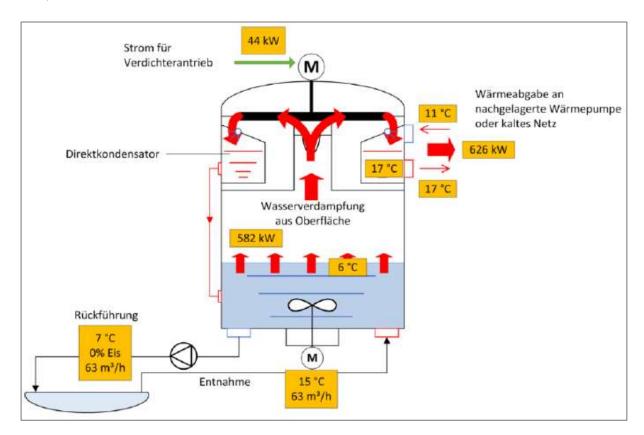


Abbildung 19 | Wirkungsweise Vakuum-Flüssigeis-Technologie mit beispielhaften Temperaturen und Leistungsdaten

Das technologische Grundkonzept beinhaltet die Nutzung des Vakuum-Flüssigeis-Verfahrens, mit dem entnommenem Seewasser auf intelligente und energiesparende Weise Wärme entzogen wird. In der Anlage erfolgt eine Direktverdampfung, bei der das Seewasser gleichzeitig als Kältemittel dient. Der Wasserdampf ist Träger der dem Seewasser entzogenen Wärme. Er wird vom Verdichter auf ein höheres Druckniveau komprimiert und gibt auf einem höheren Temperaturniveau die Wärme ab.

Diese wird zur Belieferung von Primär- und Sekundärkreisläufen ('kalte intelligente Netze') für am Seeufer entstehende Quartiere verwendet. Das entwärmte Wasser wird mit einer geringfügig niedrigeren Temperatur und im Winter mit einem gewissen Eisanteil in den See zurückgeführt. Seethermie liefert in Kombination mit der Vakuum-Flüssigeis-Technologie einen wichtigen Beitrag zum Versorgungsmix einer grünen Wärmewende. Unter den Bedingungen des exemplarischen Standortes kann die Technologie verfahrenstechnisch sinnvoll konfiguriert und eingesetzt, vergleichsweise wirtschaftlich betrieben, umweltverträglich gestaltet und von den zuständigen Behörden genehmigt werden. Die CO2-Bilanz wird mit 'sehr gut' bewertet.

In der Anwendung zum Wärmeentzug aus Gewässern weist die Vakuum-Flüssigeis-Technologie folgende Vorteile auf:

- Die Wärmeentzugsleistung ist unabhängig von der Wassertemperatur und somit auch bei sehr kaltem Wasser gegeben.
- Es besteht keine Verschmutzungsgefahr des Wärmeübertragers, da der Wärmeentzug durch Direktverdampfung erfolgt und es keinen seewasser-beaufschlagten Wärmeübertrager gibt.
 Ergebnis: Geringerer Aufwand für Filterung, Reinigung, Rückspülung, ...

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **35** von **118**



Die für die benötigte Wärmeentzugsleistung erforderliche Wassermenge ist im Vereisungsbetrieb deutlich geringer als bei konventionellen Wärmeübertrager- Systemen (Verringerung des Pumpaufwandes sowie ggf. des mengenbezogenen Wasserentnahmeentgeltes).

Entscheidende Vorteile entstehen im Einsatz der Technologie als Regelenergie:

- Umweltrelevanz und Effizienz | Das so entstehende Flüssigeis wird ohne Wärmeübertrager und ohne chemische Substanzen hergestellt und ist somit effizienter und vor allem deutlich umweltfreundlicher als herkömmliche Kälteanlagen. Fast alle bisherigen Kälteanlagen stellen die benötigte Kühlung nur in dem Moment zur Verfügung, in dem sie benötigt wird.
- Kälte als Regelenergie | Ganz anders ist es bei der Vakuum-Flüssigeis-Technologie, in der der elektrische Aufwand dann erfolgen kann, wenn Strom (zum Beispiel aus Sonne und Wind) zu viel zur Verfügung steht, um die Kälte später bei Bedarf zu nutzen. Die Solaranlage auf dem Theaterdach produziert über Ihren Stromertrag dann am Tag die Kälte, um sie am Abend zur Klimatisierung zu verwenden.
- Bis zu 7-fach höhere Kühlkapazität pro m³ | In diesem Prozess wird durch den Phasen-wechsel von Wasser eine erhebliche Verbesserung der Kühlkapazität pro m³ erreicht. Das flüssige Eis (0 °C mit 50 Prozent Eisanteil) speichert siebenmal besser als die mit üblichen Kaltwassersätzen (6 °C/12 °C) gekoppelten Kaltwasserspeicher, wodurch wesentlich mehr Kälteenergie im gleichen Volumen vorgehalten werden kann.

Aufgrund der empfohlenen Kriterien für die Entnahmestelle im See und den kürzesten Weg zum Nahwärmenetz wurde die zentrale Entnahme und Einleitung vorerst in direkter Entfernung des vorhandenen Fußgänger-Tunnels unter der Eisenbahnlinie, ca. 100 m vom Ufer entfernt (Mindestwassertiefe = 6 m → 3 m unter Wasserspiegel plus 3 m über Sole) und ca. 300 m nördlich des Bahnhofs festgelegt.

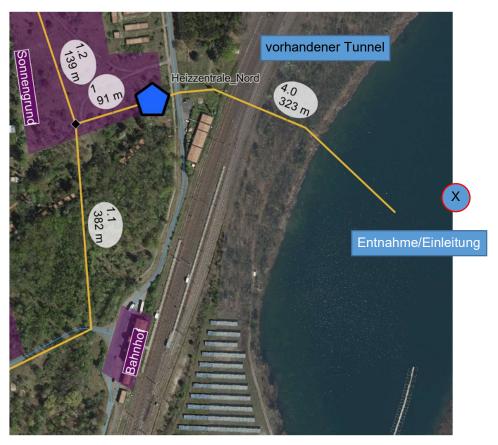


Abbildung 20 | Örtliche Darstellung der Station zur Nutzung der Umweltwärme

Seite 36 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Der technische Aufbau erfolgt mit den Komponenten:

- Entnahme / Einleitungsstelle → im See
- Station mit zentraler Vakuum-Flüssigeis-Anlage (VFA) mit Förderpumpe, Vakuumpumpe, Medienpumpe und Turboverdichter
- Übergabeeinrichtung an das kalte Wärmenetz
- Je nach Variante: Wärmepumpen-Zentralstation mit Haupt-Wärmepumpe zur Temperaturanhebung auf max. 35 °C Netztemperatur (siehe Kapitel 6.4.1.3)

Die wesentlichen Parameter bei der Nutzung der Umweltwärme aus dem Grünen See sind:

• Entnahmetemperatur: 0,1 – 15 °C (je nach jahreszeitlicher Schwankung)

• Einleittemperatur: mind. 0 °C

ΔT Netzvor- und Rücklauf: 5 K

Folgende Ergebnisse ergaben die Berechnungen mit einer Entzugsleistung von 500 kW:

BK 1 Muldenstein: Seewasserr	nutzung		
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Entzugsleistung	500	kW	
Flüssigeisanlage (Winter)			November bis März
Temperatur der Quelle	0,1	°C	
Strombedarf Verdichter	47	kW	
Netztemperatur Vorlauf	9	°C	
Netztemperatur Rücklauf	4	°C	
Temperaturdifferenz	5	°K	
Wärmeleistung	547	kW	
Laufzeit Winter	2686	h	Daten aus Simulation
Wärmemenge Winter	1.469	MWh	
Flüssigeisanlage (Sommer)			April-Oktober
Temperatur der Quelle	10	°C	
Strombedarf Verdichter		kW	
Netztemperatur Vorlauf			
Netztemperatur Rücklauf	4	°C	
Temperaturdifferenz	5	°K	
Wärmeleistung	765		
Laufzeit Sommer	997	h	Daten aus Simulation
Wärmemenge Sommer	763	MWh	
Wärmemenge gesamt	2.232	MWh/a	
Wärmepumpe Wärmenetzanheb			
therm. Leistung	2	MW	
Stromverbrauch	1.981	MWh/a	Daten aus Simulation
erzeugte Wärmemenge therm.		MWh/a	Daten aus Simulation
Investitionskosten / Betriebskoste	n		
Kosten Flüssigeisanlage	650.000		
Kosten Wärmepumpe	300.000	_	
Technikkosten (Rohre, etc.)	30.000		
Investitionskosten gesamt	980.000		
Betriebskosten Wartung	1.000		
Stromverbrauch		MWh/a	
Betriebskosten Stromverbrauch	543.510		
Betriebskosten pro Jahr gesamt	544.510	€/a	

Tabelle 7 | Berechnungsergebnisse Umweltwärmenutzung aus Grünem See mittels Vakuum-Flüssigeis-Technologie

Zur Quantifizierung der nutzbaren Wärmemenge aus der Umweltwärmequelle wurden Simulationsrechnungen durchgeführt. Mit Nutzung der Flüssigeisanlage als Wärmequelle für eine Wärmepumpe mit 2 MW thermischer Leistung erzeugt diese 7.343 MWh Wärme jährlich.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 37 von 118



Die Investitionskosten belaufen sich auf ca. 650.000 € für eine Anlage mit einer Entzugsleistung von 500 kW. Die Betriebskosten setzen sich aus Wartungskosten (1000 €/a) und den Stromkosten des Verdichters zusammen. Hinzu kommen noch die Betriebskosten der Pumpen. Die Laufzeiten der Anlagen wurden den Simulationsergebnissen entnommen. Da noch keine Pumpen eingerechnet sind, liegt dies im Rahmen einer Grobkalkulation.

Eine Seewasser-Nutzung kommt als Alternative in Frage, wenn das geplante Rechenzentrum nicht errichtet wird.

6.3.2.2 Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Freiflächen

Für den Ort Muldenstein wurde für die sommerliche Grundlastabdeckung (vorrangig Warmwasserversorgung) eine Solarthermie-Freiflächenanlage auf die gemeindeeigenen Grundstücke nördlich und westlich des Bahnhofs geplant (siehe gelb markierte Flächen in Abbildung 14) und einschließlich mit dem in Kapitel 6.2.1 aufgenommenen Wärmelasten simuliert (Simulationsprogramm "Polysun"). Unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche von ca. 45.000 m² nördlich und südlich der Straße "Am Feldberg" (siehe Abbildung 14) wurden laut Simulationsergebnisse und Abgleich mit sommerlicher Schwachlastzeit eine Kollektorfläche von 10.000 m² eingerechnet.

Der Ertrag der Solarthermieanlage liegt bei insgesamt 4.002 MWh/a und verteilt sich auf die Heizperiode mit 733 MWh/a (November bis März) und mit 3.269 MWh/a auf den Zeitraum ohne Heizung. Der durchschnittliche Kollektorertrag liegt bei 400 kWh/m²*a.

Die Anlage wurde dabei auf die TWW-Last im Sommer ausgelegt. Überschüsse im Sommer werden über den saisonalen Wärmespeicher für die Heizperiode zwischengespeichert.

BK 1 Muldenstein: Solarthermie			
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Fläche zur Verfügung	45.000	m²	gelb hinterlegte Flächen
spez. Flächenertrag ST (Grundfläche)	0,20	MWh/m²*a	Quelle
Solarertrag simuliert	4.002	MWh/a	
Verhältnis LF/KF	2,00		Quelle
angesetzte Kollektorfläche KF	10.000	m²	
Simulation Polysun			
Speichergröße	100	m³	
Verfügbarkeit Sommer	3269	MWh/a	April - Oktober
Verfügbarkeit Heizperiode	733	MWh/a	November - März
Vorlauftemp. Netz	55	°C	
Rücklauftemp. Netz	45	°C	
Investitionskosten / Betriebskosten			
spez. Investitionskosten	300	€/m²	laut Richtpreisangebot
Investitionskosten	3.000.000	€	
Wartungskosten pro Jahr	1.000	€/a	
Stromverbrauch pro Jahr	120	MWh/a	
Betriebskosten	30.000	€/a	Stromkosten

Tabelle 8 | Berechnungen zur Solarthermie-Freiflächenanlage im BK1

Die Investitionskosten für die Solarthermie-Freifläche liegen in der überschlägigen Kostenschätzung bei 300 €/m² Kollektorfläche (Angaben gemäß Richtpreis).

Im üblichen Leistungsumfang bei den Investitionskosten befinden sich: Kollektoren, Verbinder, Unter-konstruktion, Feldverrohrung, Solarstation als vorgefertigte Container-Lösung auf dem Feld, Regelung/Steuerung mit Remote-Zugang, Solarflüssigkeit, liefern und montieren, inkl. Inbetriebnahme, Einweisung und Dokumentation, Garantie und Gewährleistungen. Nicht enthalten, aber erforderlich sind ggf. Bauanträge, Genehmigungen, Gutachten, Kampfmittelräumung, Bodenvor- und -nachbereitung, Zaunanlage, Kameraüberwachung, Wärmespeicher, Wärmeleitungen vom/zum Solarstation-Container,

Seite 38 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Fundamente und Zufahrtswege, Wartungs- und Instandhaltungsvertrag. Das gilt gleichermaßen für die weiteren betrachteten Bilanzkreise 2 und 3.

Die jährlichen Betriebskosten, hauptsächlich für die Stromversorgung der Pumpen und der Regelung liegen bei dieser Anlagengröße bei ca. 1% der Investitionskosten.

6.3.2.3 Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung

Die Gemeinde Muldenstein befindet sich über einem Grundwasserleiterkomplex (GWLK) C / 1.8 und GWLK B / 1.5 gemäß nachfolgender Abbildungen.

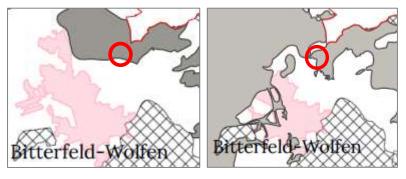


Abbildung 21 | Verbreitung quartärer GWLK C / 1.8 (graue Flächen linkes Bild) und GWLK B / 1.5 (graue Flächen rechtes Bild in Muldenstein, Muldenstein liegt im rot markierten Bereich

Für die Nutzungsmöglichkeit steht als Mindestanforderung für die Potenzialbewertung von [11] eine Mächtigkeit von 5m wassergefüllten Aquifer als Grundbedingung (ohne Kenntnis der Bedarfe bzw. einzuspeichernder Wärmemengen). Im Gebiet der Standorte der Gemeinde Muldestausee dominieren quartäre Lockergesteins-Aquifere, wie in Abbildung 21 dargestellt.

In Abbildung 22 ist in einer Lupendarstellung aus dem Geografischen Informationssystem eine räumliche Verbreitung dieser Aquifere dargestellt. Dabei wurde die Mindestmächtigkeit von 5 Metern bereits berücksichtigt. Restriktive Raumwiderstände werden vorwiegend durch Bergbau und deren Restseen, sowie Tagebaue verursacht. Diese befinden sich außerhalb des Untersuchungsgebietes. Die quartären Ablagerungen im Untersuchungsgebiet bestehen im Wesentlichen aus drei Lockergesteins-Grundwasserleiterkomplexen.

- Grundwasserleiterkomplex (GWLK) 1.8 (C) Quartär
- Grundwasserleiterkomplex (GWLK) 1.5 (B) Quartär
- Grundwasserleiterkomplex (GWLK) 1.1 (A) Quartär

Nähere Erläuterungen sind in [11] enthalten.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **39** von **118**



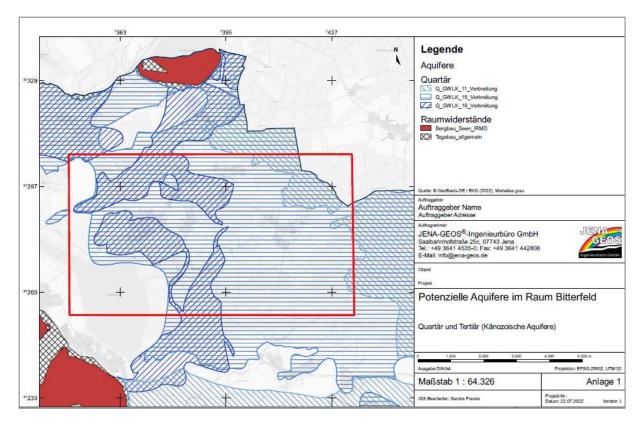


Abbildung 22 | Potenzielle Aquifere im Raum Bitterfeld mit Einkreisung Gemeinde Muldestausee Quelle: [11]

Ergebnisse der Aquifer-Potenzialbewertung:

Es bestehen im Untersuchungsgebiet gute Voraussetzung der Nutzung von Aquiferen zur Einspeicherung von Wärme/Kälte. Dies betrifft jedoch ausschließlich quartäre Grundwasserleiterkomplexe.

Damit wurde die grundsätzliche Frage nach dem Vorhandensein eines oder mehrerer Aquifere an Standort Muldenstein bejaht.

Die voranstehenden Aussagen beziehen sich auf das grundsätzliche Vorhandensein geeigneter Aquifere. In einem nächsten Schritt müssen folgende Aussage-Defizite beseitigt werden:

- tatsächliche Mächtigkeiten der Grundwasserleiterkomplexe anhand von Recherchen in Bohrarchiven
- Angaben zur Grundwasserführung der Grundwasserleiterkomplexe, ggf. eigene Messungen an Grundwasserbeobachtungsstellen (im Idealfall oder einer nächsten Etappe / Vorplanung Pumpversuche)
- Klärung von Fragen möglicherweise auftretender Grundwasserkontaminationen bei der Unteren oder Oberen Wasserbehörde

In die Polysun-Simulation wurde ein Aquiferspeicher bereits einbezogen.

Zur Entnahme der saisonal gespeicherten Wärme aus dem Aquifer wird eine Wärmepumpe mit 2 MW Leistung vorgesehen, die damit der Abwärmeleistung vom Rechenzentrum entspricht. Die Wärmepumpe wird am Rechenzentrum, an der Abwärme-Übergabestation installiert.

Seite **40** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



6.4 Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

Nach der Bilanzierung der Ausgangssituation der Wärmeverbraucher mit Bestandsgebäuden und Neubaubereichen und der Bilanzierung der Abwärme- und Umweltwärmequellen bestand der nächste Schritt in der Zusammenführung der Ergebnisse und der Konzeptfindung für die zukünftige Wärmeversorgung des Ortes Muldenstein.

Die Bilanzierung aus Ab- und Umweltwärmequellen und der in Muldenstein vorhandenen oder zukünftigen Wärmesenken ergab folgende Ergebnisse:

Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	vorhandene Wärme- Potenziale		ermie Ertrag bei Leistung Abwärme a Anschlussquote Rechenzentrum					
		[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a] (Gesamt)	[MWh/a]	[MWh/a]	[MW]	[MW] (Sommer)			
					ST- Sommer	ST-Winter	Abwärme- Sommer	Abwärme- Winter			
BK1	Muldenstein-Nord	13.831	7.841		3.269	733					
BK1	Muldenstein-Süd	588	409	12.466			2,13	2,13			
BK1 G	esamt	14.418	8.251	12.466	3.269	733	2,13	2,13			

Tabelle 9 | Ergebnisse Bilanz BK1 Muldenstein mit Abwärmequelle Rechenzentrum

Die einbezogenen Quartiere, Gebäude und Neubaugebiete (siehe Karten unter Kapitel 6.2.3) haben bei 100%igem Anschluss einen Wärmebedarf von 14.418 MWh/a. Das Rechenzentrum liefert gleichzeitig und durchgehend eine Abwärmeleistung von 2,13 MW und eine jährliche Wärmemenge von 10.623 MWh zusätzlich besteht noch die Möglichkeit die Wärme aus dem Abwasser Restloch von etwa 1.843 MWh zu nutzen. Die Solarthermie-Anlage liefert von April bis Oktober 3.269 MWh/a und von November bis März 733 MWh/a.

Auf der Verbraucherseite ist der Wärmeverbrauch innerhalb der Heizperiode im Winter höher als im Sommer. Aufgrund dieses saisonalen Ungleichgewichtes wird die Abwärme des Rechenzentrums innerhalb der Heizperiode zur Wärmeversorgung bei 100% Anschlussquote nicht ausreichen. Die Solarthermie-Anlagen hat zudem in der Heizperiode einen geringeren Ertrag. Auch bei Einberechnung einer nicht vollständigen Anschlussquote ist im Winter keine vollständige Wärmeversorgung ausschließlich über die Abwärme des Rechenzentrums zu erreichen. Gleichzeitig treten außerhalb der Heizperiode Abwärme-Überschüsse auf.

Aus diesen Gründen werden ein Aquiferspeicher für das saisonale Speichern der Überschüsse im Sommer und eine Biomasseheizung für die Abdeckung der Spitzenlasten im Winter in die Versorgungstechnik eingebunden.

Die gleichmäßig verfügbare Abwärme aus dem Rechenzentrum mit bis zu 60°C Abwärmetemperatur ermöglicht ein wechselwarmes Nahwärmenetz mit einer maximalen Temperatur von 50°C, was gleichzeitig die Verlegung von preisgünstigen PE-Rohren ermöglicht.

Die Gebäudebetreiber in den Bereichen oder Quartieren ohne Anschluss an das Nahwärmenetz können, bzw. müssen ihre Wärmeversorgung separat auf Treibhausgasneutralität umstellen. Sie können dabei auf Fördermittel der KfW oder des BAFA aus dem Bundesförderprogramm effiziente Gebäude (BEG) zurückgreifen. Die Gemeinde kann diesen Modernisierungsprozess der privaten Haushalte ei-

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 41 von 118



nerseits mit einer Änderung im Bebauungsplan (zum Beispiel Verbot des Einsatzes fossiler Verbrennungsheizungen mit Übergangsfrist) einleiten und andererseits über zusätzliche Aufklärung, Beratung, Kommunikation und ggf. regionaler Förderung unterstützen und begleiten.

6.4.1.1 Beschreibung technisches Konzept

6.4.1.2 Grundkonzept

Mit der Bilanzierung von möglichen Abwärmepotenzialen, zusätzlichen regional verfügbaren Energieträgern und den Wärmesenken wird ein wechselwarmes Nahwärmenetz mit 50°C Netztemperatur in Kombination mit einem Aquiferspeicher empfohlen. Der Wärmeeintrag erfolgt ganzjährig über die Abwärme des Rechenzentrums. Außerdem trägt die Solarthermie-Freiflächenanlage 4.002 MWh/a in das Netz-Speichersystem ein. Eine Anlage zur Spitzenlastabdeckung deckt Ausfallszenarien ab. Überschüsse aus Solarthermie und Rechenzentrum werden im Aquifer eingespeichert und in der Heizperiode genutzt.

Die Anlagenkonfiguration im Simulationsprogramm sieht folgendermaßen aus:

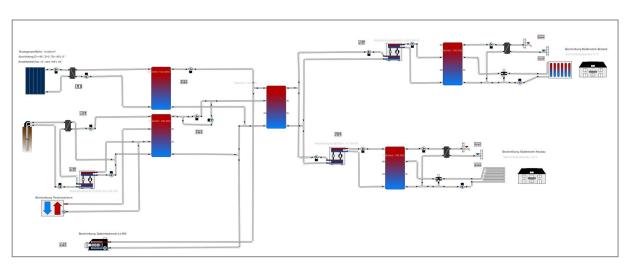


Abbildung 23 | Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Muldenstein (V1)

Zur Vereinfachung und kalkulatorischen Abschätzung wurden in der Simulation bei den Wärmesenken zwei Gebäudetypen unterschieden: einmal Neubau mit Niedertemperatur-Flächenheizung (Vorlauftemperatur 30 °C) und zweitens Bestandsgebäude mit höhertemperierten Radiatorenheizungen (Vorlauftemperatur 70 °C). Außerhalb der Heizperiode wurden die oben angegebenen Wärmelasten zur TWW-Bereitung eingerechnet.

Die Wärmequellen sind auf dem Schema auf der linken Seite zu sehen. Die Solarthermie-Freiflächenanlage (ganz oben links), deren überflüssige Wärme in den Aquifer-Speicher (darunter) eingespeist
werden kann. Die Wärmepumpe (untere Mitte) bezieht aus dem Aquifer Wärme und hebt deren Temperaturniveau an, um in das Wärmenetz einzuspeisen. Die Abwärme des Rechenzentrums (untere
Mitte) kann ebenfalls in das Wärmenetz, oder bei Wärme-Überschüssen in den Aquifer eingespeist
werden. Als Spitzenlastabdeckung bzw. Redundanz bei Ausfall ist eine Holzhackschnitzelheizung (alternativ Zentral-Wärmepumpe) (unten) verbaut. Als Option, wenn das Rechenzentrum nicht errichtet
wird, erfolgt die Nutzung von Umweltwärme aus dem Grünen See.

Die Übergabe an die einzelnen angeschlossenen Gebäude erfolgt über dezentrale Wärmepumpen, die als Quelle das Nahwärmenetz nutzen. Diese heben die Vorlauftemperatur aus dem Wärmenetz be-

Seite **42** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



darfsgerecht auf die gewünschte Heiztemperatur an oder nutzen sie zur TWW-Bereitung. Da das Wärmenetz die Gebäude bereits mit relativ hohen Temperaturen versorgt, können die dezentralen Wärmepumpen mit sehr guten COP-Werten (COP = Coefficient of Performance) zwischen 4 und 7 arbeiten. Der COP-Wert gibt dabei das Verhältnis von Wärmeleistung zur erforderlichen Antriebsenergie an. Ein COP von 7 bedeutet, dass aus 1 kWh Antriebsenergie 7 kWh Nutzenergie gewonnen werden.

6.4.1.3 Varianten, Optionen, Skalierung

Variante mit Kühlungsoption

Soll generell eine Kühlungsmöglichkeit der Gebäude (Bestandsgebäude und Neubau) im Sommerhalbjahr mit dem Wärmenetz als Quelle vorgesehen werden, ist eine Absenkung der Netztemperatur im Sommer auf maximal 35°C notwendig. Zudem müssen die dezentralen Wärmepumpen der Gebäude für eine Kühlfunktion geeignet sein.

Diese Variante muss vor Planung des Wärmenetzes mit den Anschlusswilligen geklärt werden, denn es betrifft die auszulegende maximale Netztemperatur. Eine Begrenzung der Netztemperatur auf 35°C im Sommer (außerhalb Heizperiode und innerhalb Kühlperiode) bedeutet:

- Solarthermie-Freiflächenanlagen werden nicht oder nur auf wesentlich kleinerer Fläche benötigt
- Überschüssige Abwärme aus dem Rechenzentrum und / oder aus der Solarthermie-Anlage wird in den Aquiferspeicher eingeleitet
- Anpassung der Bestandsgebäude, ggf. Einbau von Kühlflächen
- Einen erhöhten Verbrauch der dezentralen Wärmepumpen für die Trinkwarmwasserbereitung im Sommer sowie Kühlung

Eine Anpassung des Netzes kann auch später erfolgen. Sollten dann bereits die Solarthermie-Flächen errichtet sein, wie im Grundkonzept vorgesehen, kann deren überschüssiger Wärmeertrag im Aquifer saisonal gespeichert werden.

Variante ohne Rechenzentrum mit Seewassernutzung

Wird das Rechenzentrum nicht errichtet, dann fällt ein wesentlicher Abwärme-Lieferant weg. In diesem Fall sollten die Nutzungsmöglichkeiten von Umweltwärme aus dem Tagebau-Restloch und dem grünen See in die Versorgung einbezogen werden, was gleichzeitig eine Änderung der Netztemperatur bedeutet. Mit diesen Umweltwärmequellen und in Kombination mit Solarthermie-Freiflächenanlagen wird das Netz als kaltes, wechselwarmes Wärmenetz mit Netztemperaturen zwischen 10°C und max. 50°C betrieben, bei sommerlichem Kühlungsbedarf (siehe Kapitel Variante mit Kühlungsoption) wird die Netztemperatur auf max. 35°C begrenzt. Die Solarthermie-Freiflächenanlagen sind in diesem Fall entweder auf den sommerliche Trinkwarmwasserbedarf auszulegen (max. 50°C Netztemperatur) bzw. auf eine Fläche zu beschränken, die die Netztemperatur von 35°C nicht übersteigt. Die Nutzung eines Aquiferspeichers wird mit dieser Option überflüssig.

Die energetischen Beiträge aus den Umweltwärmequellen wurden mit 1.843 MWh/h (Restloch) und mit 7.343 MWh/a in den Kapiteln 6.3.1.2 und 6.3.2.1 bereits berechnet.

Ggf. gewünschte höhere Netztemperaturen, auch im Teilnetzbereich, können von einer oder weiteren zentralen Wärmepumpen bereitgestellt werden.

Die Ergebnisse der Polysun-Simulationen des Wärmenetzes und der Energieversorger-Anlagen sind in Anlage 2 (mit Abwärmenutzung Rechenzentrum) und in Anlage 3 (mit Umweltwärmenutzung aus Seewasser) in jeweils einem Bericht zusammengefasst.

Skalierung des Netz-Ausbaus

Eine Erweiterung des kommunalen Nahwärmenetzes ist auf zweierlei Arten möglich.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 43 von 118



Entweder über eine Erweiterung des dann bereits bestehenden kommunalen Wärmenetzes oder, sollte das vorhandene Netz bereits komplett ausgelastet sein, über ein oder mehrere neue Quartiersnetze. In beiden Fällen sind eine separate Betrachtung, Auslegung und Planung erforderlich.

Eine Erweiterung des bestehenden Netzes kommt dann in Frage, wenn das vorhandene Wärmenetz aufgrund niedrigerer Anschlussquote als ausgelegt, noch Leistungsreserven aufweist. Das ist auch abhängig von der Lage des nachträglich anzuschließenden Quartiers oder Gebäudes. Sind die anliegenden Netzstränge bereits an der Leistungsgrenze, kommt auch hier ein separates Netz zum Einsatz, ggf. als paralleles Netz in der Netzführung.

Für ein neues Wärmenetz sind die Möglichkeiten der Energieversorgung komplett neu zu betrachten.

6.4.2 Auflistung technischer Komponenten und Spezifikationen

Wärmeerzeuger

Im Grundkonzept sowie in der Variante mit Kühlung, inkl. der Prioritäten in der Nutzung:

- Priorität 1: Abwärmequelle Rechenzentrum mit 2,13 MW, Anbindung an die Verteilung der zentralen Kühlung über Wärmetauscher inkl. Regelung, Einspeisung in Aquifer der sommerlichen Überschüsse
- Wärmepumpe (2,0 MW) zur Nutzung des Aquiferspeichers
- Priorität 2: Solarthermie-Freiflächenanlage (10.000 m²)
- Priorität 3: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 3,5 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Bei Wegfall der Abwärmequelle aus dem Rechenzentrum sehen die Wärmeerzeuger wie folgt aus:

- Priorität 1: Abwärmequelle Umweltwärme aus dem Grünen See (mittels Wärmepumpe 2 MW)
- Ergänzend: Abwärmequelle aus dem Tagebau-Restloch (0,5 MW)
- Priorität 2: Solarthermie-Freiflächenanlage (10.000 m²), angepasst auf sommerliche Schwachlastzeit
- Priorität 3: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 3,5 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe
- Alternativ: zentrale Wärmepumpen für die Neubaugebiete

Wärmeverteilsystem

- Im Grundkonzept: wechselwarmes, niedertemperiertes Wärmenetz mit max, 50°C
- Ein Wärmenetz ohne Abwärme aus dem Rechenzentrum mit Nutzung von Umweltwärme aus den Gewässern wird als kaltes, wechselwarmes Netz mit Temperaturen zwischen 10°C und 50°C betrieben.
- Einsatz von preisgünstigen, fertig verlegbaren PE-Rohrsystemen
- Dimensionierung zwischen DN 40 und DN 200, je nach Leistungsdichte

Seite 44 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Aufs	Aufsummierte Heizlasten in den Trassenabschnitten, Kosten, BA I, Muldenstein Nord											
		Heizlast	Heizlast		Kosten pro Meter	Kosten bei 100%						
Nr.	Einbezogene ID	nach	max. bei	Länge	nach Quote	Anschluss						
		Quote	100%		nach Quote	Aliscilluss						
		[kW]	[kW]	[m]	[€]	[€]						
1	alle	4.077	6.585	233	46.600	139.800						
1.1	4, 5, 24	216	240	382	24.830	152.800						
1.2		3.861	6.345	139	27.800	83.400						
1.2.1	alle minus 4, 5, 24, 6	3.761	6.245	149	22.350	89.400						
1.2.1.1	8, 9	1.079	1.079	54	6.750	32.400						
1.2.1.1.1	9	748	748	231	23.100	138.600						
1.2.1.2	alle minus 4, 5, 24, 6, 8, 9	2.682	5.165	87	13.050	52.200						
1.2.1.2.2	7, 18, 19	215	390	256	16.640	140.800						
1.2.1.2.2.1	18	48	80	107	4.280	37.450						
1.2.1.2.2.2	19	73	121	120	4.800	48.000						
1.2.1.2.1	1.2.1.2 minus 7, 18, 19	2.467	4.775	173	25.950	103.800						
1.2.1.2.1.2	29	302	683	306	19.890	183.600						
1.2.1.2.1.1	1.2.1.2.1 minus 29, 15	1.954	3.830	85	12.750	51.000						
1.2.1.2.1.1.3		220	550	348	22.620	208.800						
1.2.1.2.1.1.1	10, 16, 17, 21, 22, 23	854	1.402	107	10.700	64.200						
1.2.1.2.1.1.1.2	16	267	445	257	16.705	141.350						
1.2.1.2.1.1.1.1	1.2.1.2.1.1 minus 16	587	956	133	10.640	79.800						
1.2.1.2.1.1.1.3	17	179	325	235	11.750	129.250						
1.2.1.2.1.1.1.1	22	187	312	340	17.000	187.000						
1.2.1.2.1.1.1.2	23	100	167	323	12.920	129.200						
1.2.1.2.1.1.2	11, 20, 25, 26	670	1.615	105	8.400	63.000						
1.2.1.2.1.1.2.1	20	177	321	157	7.850	86.350						
1.2.1.2.1.1.2.2	1.2.1.2.1.1.2 minus 20, 26	430	1.190	124	8.060	74.400						
1.2.1.2.1.1.2.2.2	25	521	1.304	639	51.120	383.400						
1.2.1.2.1.1.2.2.1	Rest bis 11	91	114	100	4.000	40.000						
4.0	Trasse Seewasser - Heizzentrale	4.077	6.585	323	64.600	193.800						
Summe Mulden					495.155	3.033.800						
Ge samtsumme i	mit Muldenstein Süd	d:	_		564.885	3.788.200						

Tabelle 10 | Liste der Leitungsabschnitte in Muldenstein mit Zuordnung der Heizlast, Länge, Querschnitt und Kosten

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte mit der Annahme einer 100%igen Anschlussquote. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Netzabschnitte richtet sich nach der Anschlussquote pro Abschnitt. Mit der angewendeten Methodik einer gebäudegenauen Erfassung, kann somit mit Kenntnis der genauen Anschlussquoten pro Netzabschnitt die Wirtschaftlichkeit von Netzabschnitten bewertet werden.

Wärmeübergabe an die Gebäude

Die Übergabe vom Wärmenetz an die Gebäude erfolgt mittels Übergabestationen an gebäudeeigene, dezentrale Wärmepumpen. Die Kosten für die Hausanschlüsse wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dem Wärmenetz zugeordnet.

Die Gebäudebesitzer selbst tauschen in diesem Fall die auf fossilen Energieträgern arbeitende Heizungsanlagen gegen entsprechend dimensionierte Wärmepumpen-Anlagen aus. Für eine komplett treibhausgasneutrale Versorgung muss entweder Netzstrom aus erneuerbaren Energien bezogen oder



der Strom mit eigenen PV-Anlagen erzeugt werden. Die Erneuerung der Heizungsanlage und der Einbau einer Wärmepumpe wird über das BEG (Bundesprogramm effiziente Gebäude) pro Gebäude mit 35% bezuschusst.

Bei der Auswahl der dezentralen Wärmepumpen für die Gebäude sind Wärmepumpen mit Kühlfunktion zu bevorzugen.

6.4.3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation

Um die Anlagendimensionierung bewerten zu können, ist es hilfreich zeitliche Verläufe der Simulationsdaten zu betrachten. Dazu ist in Abbildung 24 der Verlauf von Wärmebedarf (Heizwärme & Trinkwarmwasser) und den vorherrschenden Temperaturen im Solarthermiespeicher (oben und unten) exemplarisch für den Zeitraum Juni bis Juli dargestellt.

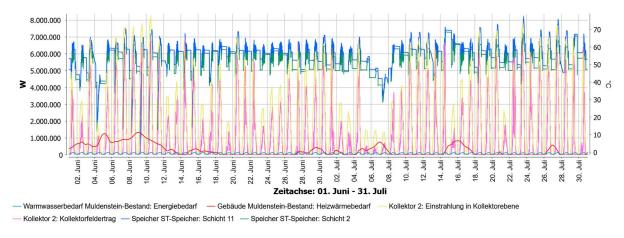


Abbildung 24 | Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Muldenstein (V1) von Juni bis Juli | Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht

Es wird ersichtlich, dass die Speichertemperatur (blau/ türkis) im Sommer nur überdurchschnittlich sinkt, wenn ein Heizwärmebedarf (rot) anfällt (05. - 10. Juni), oder wenig Solareinstrahlung zur Verfügung steht (04. - 08. Juli). Es wird ersichtlich, dass trotz Abfall der Temperaturen in der Nacht im Juni, die Solaranlagengröße so dimensioniert ist, um den Speicher am nächsten Tag wieder aufzuladen und die Energie in der Nacht zur Verfügung zu stellen. Einstrahlungsengpässe, wie am 07. Juli, können vom Speicher überbrückt werden, ohne dass die obere Speichertemperatur unter 35 °C sinkt. Dies ist ein Zeichen, dass die Anlage ausreichend dimensioniert ist.

6.4.4 Quantifizierung der Emissionsreduktion

Bei der Berechnung der Reduzierung der CO₂-Emissionen wurde vom IST-Stand im Wärmeverbrauch ausgegangen und auf der Basis von Erdgas als Wärmeträger gerechnet. Der Stromverbrauch für Heizkreispumpen oder Erdgasbrenner wurde dabei nicht eingerechnet. Der Stromverbrauch der dezentralen Wärmepumpen in den kalten, wechselwarmen Netzen ist enthalten.

Seite **46** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	CO ₂ - Emissionen IST-Stand (bei 100% Anschluss)	elektischer Energiebedarf Wärmepumpen und Pumpen zentral / dezentral	Energiebedarf Biomasse	CO2- Emissionen Biomasse		Summe CO2- Emmissionen Soll-Stand	Reduzierun g CO ₂ - Emissionen
		[MWh/a]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
BK1	Muldenstein	14.418	2.898	6.968	2.597	70	2.550	2.621	278

Tabelle 11 | Berechnungsergebnis CO₂-Bilanz IST und SOLL-Stand für Bilanzkreis 1, ohne Einrechnung von PV-Anlagen

Zur Bilanzierung der Treibhausgaseinsparung wurde die Variante mit Umweltwärmenutzung aus dem Grünen See herangezogen, da diese Variante zum aktuellen Stand die wahrscheinlichste ist. Somit ergibt sich bei Umsetzung des Wärmenetzes für BK1 ein Einsparpotential von 278 t_{CO2}/a.

Die CO₂-Bilanz sollte über die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) verbessert werden.

6.4.5 Ableitung Optimierungsmaßnahmen, Wirtschaftlichkeit

Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert zuerst die Klärung folgender Hauptpunkte:

- 1. Welche Variante des Wärmenetzes wird errichtet? Das hängt im Grundkonzept von der Errichtung des Rechenzentrums ab. → Entscheidung Rechenzentrum herbeiführen
- 2. Positive Genehmigungen zur Nutzung der Umweltwärme aus dem Grünen See ist Voraussetzung in Variante 2 → vorsorgliche Beantragung der Genehmigung
- 3. Nach Klärung von 1. und 2. Entscheidung zur Netztemperatur und Auswahl der Variante
- 4. Ermittlung der Anschlussquote → Informationsveranstaltung(en) mit den Bürgern, Einsetzen einer kommunalen Beratungsstelle
- 5. Suche / Gründung einer Betreibergesellschaft, die Planung und Errichtung übernehmen

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten hängt in hohem Maße von der Anschlussquote ab.

Bei 100%igem Anschluss der Gebäude entsprechend Abbildung 14 wurden für die Variante mit Rechenzentrum die Investitionskosten sowie Betriebskosten berechnet. Die Investitionskosten können mit bis zu 40% über das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (Einführung ab September 2022 geplant) bezuschusst werden. Zusätzlich zur Förderung der Investitionen gibt es Zuschüsse auf die Betriebskosten der Anlage mit

- 0,02 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Solarthermie-Anlagen*
- 0,03 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Umweltwärme, wie Umweltwärme oder Biomasse-Heizungen*

Mit Einrechnung der Förderzuschüsse ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren folgende Ergebnisse für den Wärmepreis der gelieferten Kilowattstunde (Berechnung inkl. Hausanschlüsse, exkl. dezentrale Wärmepumpen) für die Grundvariante mit Rechenzentrum inkl. Gewinnspanne für den Betreiber:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 47 von 118

^{*}Nach aktuellem Entwurfsstand des BEW für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs



Berechnung Investitionskosten, Betrie	hskosten Wärme	netz	
Grundkonzept mit Abwärmenutzung R		TIOLE .	Bemerkungen
Abwärmenutzung inkl. Aquiferanbindung	604.000	€	
Solarthermie-Anlage	3.000.000	€	
Wärmenetz	3.788.200	€	
Hausübergabestationen	1.723.500	€	bei 100% Anschluss
Spitzenlast-Kessel	840.000	€	3,5 MW Leistung
Netzpumpen	1.005.000	€	
Gesamt-Investition	10.960.700	€	
Förderung 40%	4.384.280	€	laut BEW
Gesamt-Investition abzl. Förderung	6.576.420	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	328.821	€	
Betriebskosten (jährlich)	773.518	€	
Abwärmekosten Rechenzentrum	371.805	€	0,035 €/kWh
Kosten pro Jahr	1.474.144	€/a	
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	490.506	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh
Förderung Wärmepreis Solarthermie	80.036	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	903.602	€/a	
erzeugte Jahresmenge	17.222	MWh	RZ + ST + Kessel
Gestehungspreis pro kWh	0,0525	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,0725	€/kWh	

Tabelle 12 | Wirtschaftlichkeitsberechnung Grundkonzept mit Abwärmenutzung aus Rechenzentrum

Die Kilowattstunde kann an die Verbraucher mit einem vorkalkulierten Wärmepreis von 7,3 Cent/kWh geliefert werden.

Wird das Rechenzentrum nicht errichtet, kann die Variante mit Umweltwärmenutzung aus dem Grünen See und Tagebau-Restloch genutzt werden. Die Übersicht der Wirtschaftlichkeitsberechnung, bis hin zum Wärmepreis inkl. Gewinnspanne für den Betreiber zeigt Tabelle 13

Berechnung Investitionskosten, Betrie	bskosten Wärme	netz	
Variante ohne Rechenzentrum mit Um	weltwärmenutzur	ng	
Wärmeentzug Grüner See	2.280.000	€	
Wärmeentzug Restloch	88.500	€	
Solarthermie-Anlage	3.000.000	€	
Spitzenlast-Kessel	840.000	€	
Wärmenetz	3.788.200	€	
Hausübergabestationen	1.723.500	€	bei 100% Anschluss
Netzpumpen	1.005.000	€	
Gesamt-Investition	12.725.200	€	
Förderung 40%	5.090.080	€	laut BEW*
Gesamt-Investition abzl. Förderung	7.635.120	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	381.756	€	
Betriebskosten (jährlich)	985.384	€	
Kosten pro Jahr	1.367.140	€	
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	176.409	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh
Förderung Wärmepreis Solarthermie	80.036	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	1.110.696	€/a	
erzeugte Jahresmenge	16.098	MWh	
Gestehungspreis pro kWh	0,069	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,020	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,089	€/kWh	

Tabelle 13 | Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante mit Umweltwärmenutzung

In beiden Varianten kommt pro Verbraucher in der Investition eine gebäudeeigene Wärmepumpe hinzu, die je nach Heizlast des Gebäudes und somit je nach erforderlicher Leistung der Wärmepumpe zwischen 25 und 30 T€ liegt. Eine Kühlfunktion der Wärmepumpe macht ca. 700 € Mehrkosten aus. Ein

Seite **48** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Abgleich des Heizkreises und bei Bedarf eine Vergrößerung der Heizflächen zur Absenkung der Vorlauf-Temperatur im Heizkreis werden empfohlen und ebenfalls gefördert.

Mit Einrechnung der Fördermöglichkeiten aus BEG (Bundesprogramm effiziente Gebäude) entstehen pro angeschlossenem Verbraucher Kosten in Höhe zwischen ca. 17 und 21 T€. Diese Kosten gelten gleichermaßen für die Wärmenetze in Schlaitz sowie Gossa und Schmerz.

Kosten dezentrale WP Quelite			
Heizlast Gebäude	8 [kW]	19 [kW]	25 [kW]
Investitionskosten WP	25.000 €	27.000 €	29.000 €
Option aktiv kühlen	700 €	700 €	700 €
Optimierung Heizung (Abgleich)	1.200	1.500	2.300
Summe	26.900 €	29.200 €	32.000 €
max. 40 % Zuschuss nach BEG	10.760 €	11.680 €	12.800 €
Investitionskosten gesamt:	16.140 €	17.520 €	19.200 €

Tabelle 14 | Kostenschätzung der dezentralen Wärmepumpen der an das kommunale Wärmenetz angeschlossenen Gebäuden

Die Energieverbräuche der dezentralen Wärmepumpen in den an das kommunale Wärmenetz angeschlossenen Gebäuden wurde über die Simulation berechnet. Die Gebäude weisen entsprechend der Ergebnisse aus der Simulation einen Energieverbrauch von 2.239 MWh/a auf. Energieträger ist Elektroenergie, die zur Erreichung einer THG-neutralen Versorgung nach Möglichkeit über gebäudeeigene Photovoltaik-Anlagen bereitgestellt werden sollte.

Um den elektrischen Strombedarf der Wärmepumpen einzuordnen, kann beispielhaft die notwendige Photovoltaik-Modulfläche überschlagen werden, die benötigt würde um die Wärmepumpen im Winter mit Photovoltaik-Strom zu betreiben. Unter Einrechnung eines erhöhten Energiebedarfs in der Heizperiode, also in der Jahreszeit niedrigeren PV-Erträge (November bis März) sollten dafür insgesamt etwa 6200 kWpeak Photovoltaikmodule im Ort installiert werden. Das bedeutet eine Modulfläche von insgesamt etwa 40.000 m² bei einer durchschnittlichen spezifischen Leistung von 150 W/m². Diese Zahlen gelten dabei nur als Richtwert, um eine fiktive Deckung des Heizstrombedarf mit 100 % Photovoltaikstrom vorstellbar zu machen.

Werden die Wärmepumpen (zentrale Netzwärmepumpen) mit PV-Anlagen betrieben, so sieht das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW) für 90% des Stromverbrauches der Wärmepumpen einen erhöhten Fördersatz von dann 0,07 €/kWh verbrauchtem Wärmepumpenstrom vor für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs, was die Wirtschaftlichkeit noch weiter verbessert. Das gilt gleichermaßen für die Wärmenetze in Schlaitz sowie in Gossa und Schmerz.

6.4.6 Vorschlag Ablauf- und Zeitplan

Der vorgeschlagene Ablauf- und Zeitplan steht prinzipiell gleichermaßen für alle drei Bilanzkreise und wurde pro Bilanzkreis angepasst. Der Zeitraum für die komplette Umsetzung wurde auf 5 Jahre avisiert. Hierbei sind evtl. Lieferengpässe nicht berücksichtigt. Bei einer konsequenten Leitung des Prozesses durch ein kommunales Organisationsteam kann dieser Zeitrahmen eingehalten werden. Wichtig sind eine frühzeitige Einbindung aller Akteure und eine permanente Kommunikation mit allen Beteiligten.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **49** von **118**



Maßnahme	4/22	1/23	2/23	3/23	4/23	1/24	2/24	3/24	4/24	1/25	2/25	3/25	4/25	1/26	2/26	3/26	4/26	1/27	2/27	3/27	4/27	1/28	2/28	3/28	4/2
Entscheidung Errichtung Rechenzentrum				0, = 0				0,21	.,			0, =0				0, 20			_,_,					0,20	<u> </u>
Finanzierung klären, Antrag Förderung für kommun. Personal																									\vdash
Zusammenstellung und Gründung Orga-Leitstelle, Einrichtung	1																								\vdash
Themen-Homepage																								i	
Bürger-Sprechstunde einrichten und betreiben																									=
Bürgerversammlungen Vorstellung Ergebnisse Studie, Werbung für Anschluss, weitere Info-Veranstaltungen		•				•				•				•							•				
Kommunikation über die Fortschritte bei den Maßnahmen mit allen Akteuren über geeignete Medien																									
Ges präche mit Akteuren (BGA, Forstwirts chaft, Vermieter, EVU), Festlegung Abwärmemengen, Liefermengen, Zeiträume	-																								
Entscheidung Anschlussquote nach Rückmeldung der Bürger																									
Entscheidung Variante des kommunalen Wärmenetzes			-																						П
Entscheidung Größe Wärmenetz und Anschlussquote			-																						Г
Betreibergesellschaft für Wärmenetz suchen, gründen			-																						П
Gemeindeeigene Fläche prüfen und sichern		-																							Г
Fördermittelcheck / Fördermittelbeantragung (BEW/KomRL)			-																						Г
Ausschreibung Entwurfs- und Genehmigungsplanung				-	I																				П
Durchführung Entwurfs- und Genehmigungsplanung (LP3-4)						I																			П
Einbindung untere Wasserbehörde						I																			Г
Check Aquifers peicherung						I																			П
Genehmigungen sind erteilt																									П
Ausschreibung Ausführungsplanung bis Objektbetreuung (LP5-9)																									П
Durchführung HOAI LP 5-9																					Ī				
Ausschreibung Bau Wärmenetz, Errichtung Zentralen, Anlagentechnik	:																								П
Bauarbeiten und Maßnahmenumsetzung																					I				П
Fördermittelbeantragung Anschlusswillige																									П
Austausch Heizungsanlagen in Gebäuden, Hausanschlüsse je nach Baufortschritt																									
Einweihung, Öffentlichkeitsinformation																									П
Abrechnung Fördermittel																									Т

Tabelle 15 | Vorschlag Ablauf und Zeitplan Bilanzkreis 1, Muldenstein

7 Bilanzkreis 2 – Schlaitz, Gossa, Plodda, Schmerz

7.1 Übersicht Bilanzkreis 2

Die Ortsgruppe Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz befindet sich ca. 6,5 km östlich von Muldenstein, ca. 10 km nordöstlich von Bitterfeld und ca.1,5 km nördlich des Muldestausees. Der Ortsteil Schmerz gehört gemäß Landesstatistik zum Ort Gossa.

Direkt am Muldestausee liegt das Heidecamp Schlaitz mit touristischer Infrastruktur und Campingplatz. Unmittelbar am südlichen Ortsrand von Schlaitz befindet sich eine Biogasanlage. Weitere Gewerbebetriebe liegen direkt in Schlaitz, eine weitere Biogasanlage befindet sich 500 m südlich Schmerz und der Abwasserzweckverband unterhält nördlich von Schlaitz eine Kläranlage (ca. 1 km Entfernung zu Schlaitz)

Ende 2021 verfügten die 4 Ortsteile bzw. -bereiche über 2.101 Einwohner und umfassen eine Gesamtfläche von ca. 18 km² (Ausdehnung Nord-Süd: ca. 3,1 km, Ost-West: ca. 3,8 km).

Der Bilanzkreis 2 umfasst entsprechend Lageplan folgendes Ortsgebiet (ohne Heidecamp Schlaitz):

Seite **50** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



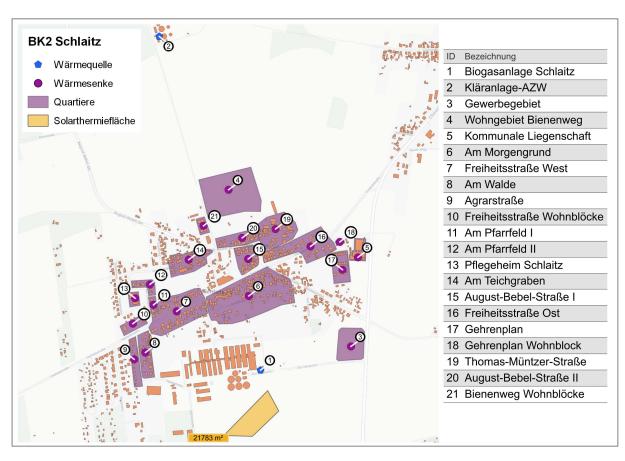


Abbildung 25 | Lageplan des Ortes Schlaitz mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken

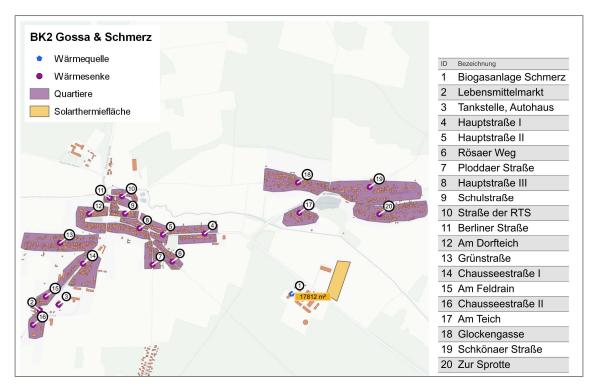


Abbildung 26 | Lageplan der Orte Gossa und Schmerz mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **51** von **118**



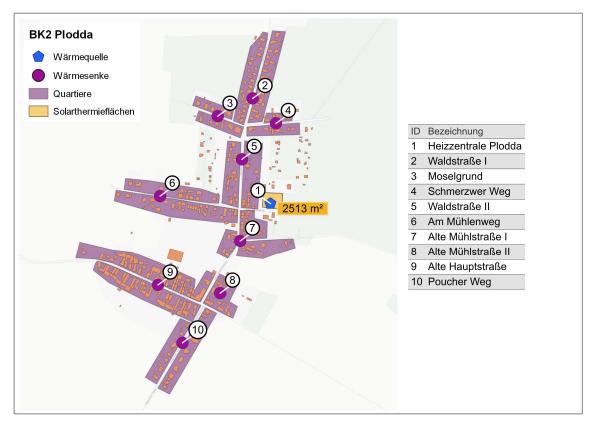


Abbildung 27 | Lageplan des Ortes Plodda mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken

Nördlich von Schlaitz ist aktuell ein neues Baugebiete in Planung (Baugebiet Schlaitz), welches in die Potenzialstudie einbezogen wurde.

Entsprechend des Protokolls des Auftaktgespräches wurde auf folgende **Wärmesenken** von der Gemeinde fokussiert, bzw. empfohlen zur Einbeziehung:

A: Neue geplante oder in Vorbereitung befindliche Baugebiete

- Gewerbegebiet Schlaitz: freie Fläche (grün) an der B100 östlich Biogasanlage. Hier ist die Ansiedlung von Gewerbe geplant
- Baugebiet nördlich Schlaitz mit ca. 60 60 Einfamilienhäusern, Planverfahren beginnt aktuell

B: Bestandsgebäude, Bestandsquartiere

- · Kommunale Liegenschaften: gemeindeeigenes Gewerbegebiet,
- Lehrmittelbetrieb Wiemann, privates Unternehmen
- Fuhrbetrieb (Fuhrunternehmen und Heizöl Familienunternehmen
- Ehemaliges Autohaus und LW-Gebäude, privater Betrieb, soll ggf. eine Tankstelle mit Rastplatz entstehen, Prüfung für Möglichkeiten für LNG-Angebot (LNG = Liquid Natural Gas als Kraftstoff einsetzbar für den Transport)
- Geplanter Lebensmittel-Markt mit 800 m²
- Weitere passende Quartiere entsprechend Wärmeangebot

Als potenzielle Ab- oder Umweltwärmequellen wurden im Auftaktgespräch benannt:

Seite **52** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



- Biogasanlage Schlaitz, mit direkter Anbindung an die Schweinemastanlage (Betreiber Energielenker BGA Drei GmbH & Co. KG) als möglicher Lieferant von Abwärme und / oder Roh-Biogas / Bio-Methan / Wärme / LNG
- Biogasanlage der LWG Schmerz in Gossa mit direkter Anbindung an die Milchviehanlage als möglicher Lieferant von Abwärme und / oder Roh-Biogas / Bio-Methan / Wärme / LNG
- Vorhandener Gasspeicher eines Energieversorgers ggf. als Puffer für Bio-Methan oder Roh-Biogas nutzbar
- Kläranlage zwischen Schlaitz und Gossa, ca. 200 m nördlich Ortsrand Schlaitz, entsorgt alle
 Orte nördlich der Mulde, Betreiber: Abwasserzweckverband
- Geothermie und / oder Solarthermie auf gemeindeeigenen Grundstücken

Diese Wärmesenken und potenzielle Wärmequellen bildeten zunächst die Eckpunkte für die weitere Bearbeitung im Bilanzkreis 2.

7.2 Bestandsanalyse Bilanzkreis 2

In der Bestandsanalyse erfolgte eine monatliche Bedarfsermittlung der Wärmesenken und die sinnvolle Zusammenfassung zu Versorgungs-Quartieren. Über die Hilfsmittel der ENEKA-Karten und das TA-BULA-WebTool wurden die Wärmeleistungen und der aktuell genutzten Energieversorgungssysteme ermittelt.

7.2.1 Bestandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche

Die vier Ortsteile Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz im Bilanzkreis 2 sind benachbart und lassen sich territorial im Gebäudebestand voneinander abgrenzen. Für die Aufnahme des Wärmeverbrauches wurden die Ortsteile getrennt voneinander aufgenommen. In Summe wurden im BK2 die Wärmebedarfe von 761 Gebäuden bilanziert.

Die Daten wurden einerseits tabellarisch erfasst und andererseits in Karten dargestellt. Eckpunkte stellten die potenziellen Abwärmequellen und die Wärmesenken dar, die sich in zentraler Lage befinden und deren Anschlusswahrscheinlichkeit an ein kommunales Wärmenetz hochwahrscheinlich ist. Die Vorgehensweise bezüglich der Berechnung der Anschlussquoten war gleich wie im BK1.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 53 von 118



Quartier	Nutzfläche Eneka	rel. Bedarf	Anzahl Gebäude	Anschluss- quote	Bedarf berechnet bei 100% Anschluss	Wärmebedarf entspr. Anschluss- quote	Vollbe- nutzungs- stunden
	[m²]	[kWh/m²*a]		[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[h/a]
Gewerbegebiet (Planung)	10000	30	1	100%	300	300	1500
Wohngebiet Bienenweg	7425	25	55	100%	185	185	1300
kommunale Liegenschaft	1897	273	1	80%	517	414	2000
Wohngebiet am Morgengrund	5997	206	40	60%	1235	741	2000
Wohngebiet August-Bebel-Straße I	2036	107	12	60%	217	130	2000
Wohngebiet Freiheitsstraße Ost	2717	187	18	60%	508	305	2000
Wohngebiet Thomas-Müntzer-Straße	3020	136	14	60%	410	246	2000
Wohngebiet Freiheitsstraße West I	5676	183	34	60%	1038	623	2000
Wohnblöcke Freiheitsstraße	1726	96	3	100%	165	165	1600
Wohngebiet am Walde	1473	152	11	60%	223	134	2000
Wohngebiet Agrarstraße	811	331	12	60%	268	161	2000
Wohngebiet am Teichgarten	3526	204	21	60%	719	431	2000
Wohngebiet August-Bebel-Straße II	1869	218	10	60%	407	244	2000
Wohnblöcke Bienenweg	1747	100	4	100%	174	174	2000
Wohngebiet Gehrenplan	2090	146	22	70%	305	214	1800
Wohnblock Gehrenplan	559	153	1	100%	85	85	1800
Pflegeheim Schlaiz	805	247	1	100%	198	198	2000
Wohngebiet am Pfarrfeld I	454	123	3	60%	55	33	1600
Wohngebiet am Pfarrfeld II	806	122	8	60%	98	59	1600
Wärmebedarf Trinkwasser					520		
Summen	54.635		271		7.627	4.841	

Tabelle 16 | Auszug aus Wärmeberechnung Ortsteil Schlaitz

Der Wärmebedarf für die sommerliche Schwachlastzeit besteht hauptsächlich aus dem Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung (TWW-Bedarf) und wurde nach der Einwohneranzahl der jeweiligen Orte mittels Kennzahl berechnet.

Trinkwasserbedarf	Schlaitz	
spez. Wärmebedarf TWW	2,5	kWh/(d*EW)
Einwohner Schlaitz	890	
spez. Wärmebedarf	0,058	kWh/l
spez. Trinkwassermenge	40	I/(d*EW)
Gesamtbedarf pro Tag	22784	I/d
Netzabdeckung Ortschaft	64%	
Verbrauch berechnet 100% Anbindg.	482	MWh/a
Verbrauch nach Anbindgsquote	373	MWh/a
Last TWW (8h Volllast) 100% Anbindg.	60	MW
Last TWW (8h Volllast) Anbindgsquote	47	MW

Seite **54** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Trinkwasserbedarf	Gossa+ Schmerz							
spez. Wärmebedarf TWW	2,5	kWh/(d*EW)						
Einwohner Gossa+Schmerz	738							
spez. Wärmebedarf	0,058	kWh/l						
spez. Trinkwassermenge	40	I/(d*EW)						
Gesamtbedarf pro Tag	29520	l/d						
Netzabdeckung Ortschaft	100%							
Verbrauch berechnet 100% Anbindg.	625	MWh/a						
Verbrauch nach Anbindgsquote	380	MWh/a						
Last TWW (8h Volllast) 100% Anbindg.	78	MW						
Last TWW (8h Volllast) Anbindgsquote	48	MW						

Tabelle 17 | Berechnung TWW-Last in Schlaitz, Gossa und Schmerz

Trinkwasserbedarf	Plodda	
spez. Wärmebedarf TWW	2,5	kWh/(d*EW)
Einwohner Plodda	473	
spez. Wärmebedarf	0,058	kWh/l
spez. Trinkwassermenge	40	l/(d*EW)
Gesamtbedarf pro Tag	17974	l/d
Netzabdeckung Ortschaft	95%	
Verbrauch berechnet 100% Anbindg.	381	MWh/a
Verbrauch nach Anbindgsquote	228	MWh/a
Last TWW (8h Volllast) 100% Anbindg.	48	MW
Last TWW (8h Volllast) Anbindgsquote	29	MW

Tabelle 18 | Berechnung TWW-Last in Plodda

Im Ergebnis der vier Ortsteile errechnete sich folgende Übersicht zum Wärmeverbrauch der berücksichtigten Gebäude:

Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	Heizlast 100% Anschluss	Heizlast nach Anschluss- quote	TWW-Last 100% Anschluss	TWW-Last nach Anschluss- quote
		[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
BK2	Schlaitz	7.627	4.841	3.715	2.569	60	47
BK2	Gossa	9.733	5.878	4.870	2.943	78	48
BK2	Schmerz	3.690	2.214	1.845	1.107	70	40
BK2	Plodda	5.980	3.342	2.785	1.671	48	29
BK2 G	esamt	27.029	16.275	13.215	8.290	186	123

Tabelle 19 | Zusammenfassung Wärmebedarf im Bilanzkreis 2

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **55** von **118**



7.2.2 Identifikation der Abwärmequellen

Der Bilanzkreis 2 ist in Bezug auf potenzielle Abwärmequellen von den Biogasanlagen Schlaitz und Schmerz geprägt. Weitere Abwärmequellen können für Schlaitz die Nutzung von Umweltwärme aus dem 700 m (vom südlichen Ortsrand) entfernten Muldestausee identifiziert werden, sowie die Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen in Verbindung mit Aquiferspeichern.

7.2.2.1 Biogasanlagen - politischer und gesellschaftlicher Hintergrund

Biogasanlagen spielen im aktuellen politischen Kontext (Zeitpunkt Juni 2022) eine wesentlich größere Rolle als Alternative zu importiertem Erdgas oder Öl. Ein weiterer Ausbau der Biogasanlagen für die Verstromung von Biogas ist nicht mehr politisch zielführend. Stattdessen wird die Methanisierung, das heißt die Bereitstellung von Bio-Methan oder dessen weitere Verarbeitung zu Kraftstoffen befördert, was sich im Entwurf der Novellierung des EEG bereits jetzt im Juni 2022 andeutet. In diesem Zusammenhang und im Kontext mit der kommunalen Wärmewende, die zur Erreichung der Ziele im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung von allen Kommunen durchgeführt werden muss, spielen Biogasanlagen eine entscheidende Rolle als Lieferanten von Wärmeenergieträgern sowie von Abwärme für kommunale Nahwärmenetze.

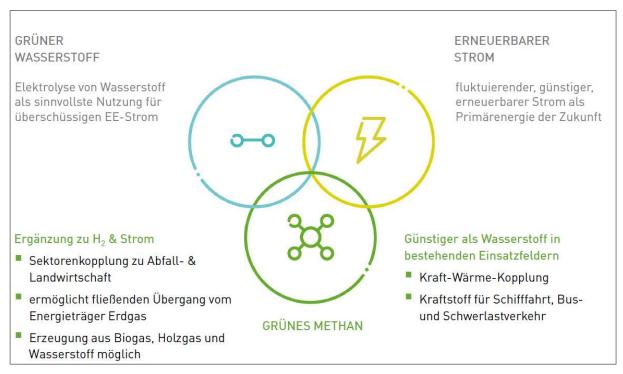


Abbildung 28 | Biomethan als Energieträger, Quelle: [22]

Nutzbare Abwärmemengen entstehen in Biogasanlagen aufgrund der Verstromung des Biogases in KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen). Es handelt sich um Abwärme aus dem Abgas und Motorabwärme des Generators. Die nutzbaren Abwärmetemperaturen liegen zwischen 80 und 90°C.

In den meisten Biogasanlagen wird die Abwärme, zumindest teilweise, für die Beheizung der Fermenter, für die Eigenversorgung in der Heizungsanlage oder die Wärmeversorgung in angeschlossenen Stallanlage genutzt. Dennoch geht häufig ein mehr oder weniger großer Anteil der Abwärme, insbesondere außerhalb der Heizperiode, verloren.

Eine neue politische Richtung wurde am 21. Juli 2022 seitens des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) eingeschlagen, als "zur aktuellen Gaslage angekündigt wurde, dass neben

Seite 56 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



weiteren Maßnahmen auch eine kurzfristige Ausweitung der Biogasproduktion zu den Plänen des BMWK gehört, um den Bedarf an russischem Erdgas kurzfristig zu reduzieren. Zur Sicherung der Gasversorgung im kommenden Winter sollen laut den Aussagen des Wirtschaftsministers per Verordnung Begrenzungen der jährlichen Maximalproduktion ausgesetzt werden" [23]. Damit einher geht, dass einerseits eine erhöhte Strommenge und damit ebenfalls erhöhte Abwärmemenge aus den BGA's verfügbar sein könnte, andererseits könnte Biomethan in größeren Mengen produziert und zur direkten Wärmeversorgung zum Tragen kommen. Es wird zwar erst einmal eine kurzfristige Ausweitung der Biogasproduktion angekündigt, wenn sich aber das Konzept bewähren sollte, kann es auch zu einer längerfristigen oder gar dauerhaften Lösung führen. Hierzu sollten zeitnah mit den Betreibern der Biogasanlagen Gespräche geführt werden.

Die Betreiber der Biogasanlagen sind generell an einer Nutzung der Abwärme interessiert, da sie gemäß § 7a KWK-Gesetz (KWK 2020) einen Bonus für innovative erneuerbare Wärme erhalten, wenn sie die Abwärme in eine Wärmenetz einspeisen oder zumindest zur Raumheizung, Warmwasserbereitung, Kälteerzeugung oder als Prozesswärme bereitstellen.

7.2.2.2 Biogasanlage Schlaitz

Die Biogasanlage in Schlaitz wird von der Energielenker BGA Drei GmbH & Co. KG betrieben und liegt direkt am südlichen Ortsrand, aber nördlich des Heide-Camps. Die Inbetriebnahme erfolgte 2007 im Rahmen des EEG (Erneuerbares Energiegesetz). Die Anlage dient der Volleinspeisung des über Biogas und Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Stroms über zwei KWK mit einer Leistung von jeweils 785 kWel und 546 kWtherm. Die Substrate der Biogasanlage sind Schweinegülle aus der benachbarten Schlaitzer Landwirtschaftlicher Tierzuchtbetrieb GmbH, Mais und Getreide. Die BGA Schlaitz wird noch bis 2027 im EEG verbleiben und anschließend, spätestens ein Jahr zuvor über weitere Geschäftsfelder entscheiden.

Die Biogasanlage nutzt die Abwärme aus den KWK-Anlagen ganzjährig zur Stallbeheizung und zur Holztrocknung im Sommer. Die Stallbeheizung läuft auch im Sommer, weil die Ferkel in der ersten Lebenswoche zwischen 28 und 30°C Wärme benötigen. Somit muss auch bei durchschnittlichen Temperaturen im Sommer geheizt werden. Die Abwärmenutzung für Stallbeheizung und Holztrocknung sind vertraglich gebunden. Folgende Abwärmeleistung wird laut Aussage der Betreiber bereits selbst benötigt:

- Durchschnittlich 700 kW im Sommer (Stallheizung, Holztrocknung)
- Durchschnittlich 900 kW im Winter

Die Abwärmetemperatur liegt bei 80 – 90 °C nach Wärmetauscher auf Heißwasserleitung.

Zusätzliche Abwärme für ein niedertemperiertes oder kaltes Nahwärmenetz bietet ggf. der Gärresteaustrag in der Biogasanlage. Vorteilhaft ist ein kontinuierlicher Gärresteaustrag aus dem Nachgärer in das Gärrestelager. Aber auch ein diskontinuierlicher Gärresteaustrag ermöglicht die Abwärmenutzung. Die Gärreste sind ein flüssiges Medium mit ca. 6% TS-Anteil. Sie verlassen den Nachgärer mit Temperaturen zwischen 35 und 42°C. Die spezifische Wärmekapazität entspricht nahezu der von Wasser. Eine Temperaturabsenkung auf ca. 25°C kann je nach Durchflussmenge ganzjährig eine Wärmeleistung für ein kaltes, wechselwarmes Nahwärmenetz mit einer max. Rücklauftemperatur von 25°C beisteuern.

Überschüssiges Biomethan zur Weiterleitung an die Kommune ist nicht vorhanden laut Betreiber. Der gesamte Biomethan-Ertrag wird derzeit verstromt.

7.2.2.3 Biogasanlage Schmerz

Die Biogasanlage Schmerz, betrieben von der Landwirtschaftsgesellschaft Schmerz GmbH liegt südlich der Ortschaft Schmerz. Die Inbetriebnahme war 2001 mit einer Flexibilisierung Anfang 2022 über zwei

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **57** von **118**



KWK-Anlagen mit jeweils 500 kW_{el} und 546 kW_{therm}. Nach der Flexibilisierung wolle man erst einmal zwei Jahre schauen, wie die Anlage läuft und welche Erträge erwirtschaftet werden können, ehe über neue oder ergänzende Geschäftsfelder nachgedacht werden kann, so der Betriebsleiter am 12.01.2022 im vor-Ort-Gespräch.

Als Substrate werden zu 60% Mist, zu 30% Mais und zu 10% Leguminosen eingesetzt, ergänzt um Graspflanzen. Laut Betriebsleiter wird die Abwärme zu 100% im Winter innerbetrieblich für die Heizung der Fermenter (thermophile Fermenter mit 52°C Temperatur), der Ställe, der Büros sowie für die Warmwasserbereitung genutzt (Einsatz eines Pufferspeichers, bzw. WW-Speichers). Außerhalb der Heizperiode wird ca. 50% der Abwärme in den Fermentern und für die Warmwasserbereitung genutzt. Ca. 50% der Abwärme bleiben außerhalb der Heizperiode ungenutzt.

Für die Biogasanlage in Schmerz trifft die gleiche Aussage für die das Abwärmepotenzial aus den Gärresten zu wie für die Anlage in Schlaitz.

Generell sind beide Biogasanlagen-Betreiber an einer Nutzung des Grünschnittes und der Bio-Abfälle aus der Gemeinde interessiert. Die Gemeinde Muldestausee entsorgt aktuell die Grünschnittabfälle kostenpflichtig, was ein erhebliches finanzielles Budget pro Jahr erforderlich macht. Hierzu sollten zeitnah Gespräche zwischen Gemeindeverwaltung Betreibern der Biogasanlagen stattfinden.

7.2.2.4 Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Freiflächen

Wie im Bilanzkreis 1 wurden auch für den Bilanzkreis 2 Möglichkeiten einer solarthermischen Anlagennutzung simuliert. Für eine potenzielle Solarthermieanlage, die direkt in das Nahwärmenetz einspeist und bei Überschüssen die Wärme in den Aquiferspeicher abgibt, wurden gemeindeeigene Flächen in der Nähe der Heizzentrale bzw. des Netzes gesucht und virtuell eingebunden.

Weitere allgemeine Hinweise sind bereits in Kapitel 6.2.2.5 hinterlegt.

7.2.2.5 Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung

Die Abwärme aus den Biogasanlagen steht zum Teil ganzjährig, die größte Wärmemenge steht aber nur außerhalb der Heizperiode zur Verfügung. Erträge aus einer Solarthermie-Freiflächenanlage sind aufgrund des Sonnenenergieangebotes generell im Sommer höher als im Winterhalbjahr. Gleichzeitig wird außerhalb der Heizperiode eine geringere Wärmelast im Nahwärmenetz abgefordert. Die Gebäude benötigen eine geringere oder keine Heizwärmemenge in der Übergangszeit und im Sommer. Lediglich der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ist nahezu gleichbleibend im Jahresverlauf.

Die Bilanzierung aus Wärmelast und Abwärmeangebot aus den Biogasanlagen und Solarthermie-Erträge ergeben einen Wärmeüberschuss im Sommer. Zur saisonalen Speicherung der Wärmeüberschüsse wird die Einbindung eines Aquiferspeichers in die Gesamtanlagenkonfiguration vorgesehen.

7.2.3 Örtliche Zusammenführung von Wärmesenken und Wärmequellen

Nach der Bestandsanalyse der Wärmesenken, siehe Kapitel 7.2.1und der Identifizierung potenzieller Abwärme- oder Umweltwärmequellen, siehe Kapitel 7.2.2, erfolgte die Bestimmung und vorläufige Festlegung der Trassenführung mit Berechnung der Versorgungsdichte und der zu bringenden Wärmeleistung je Trassenabschnitt.

Seite 58 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Auf dieser Basis wurde ein Nahwärmenetz für den Bilanzkreis 2 jeweils für die Orte Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz geplant, in Teilbereiche untergliedert und die jeweiligen Quartiere zugeordnet. Die gesamte Darstellung des Bilanzkreises 2 zeigt folgende Abbildung.



Abbildung 29 | Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung im BK2 (Schlaitz teilweise) – Verbindung zwischen Krina und Schmerz fehlt noch

Aufgrund der Nähe zur Biogasanlage Schmerz und deren ggf. sommerlichen Abwärmeüberschüsse wurden die Ortsteile Gossa und Schmerz im Wärmenetz miteinander verbunden. Damit kann auch die Solarthermie-Anlage unterstützend für beide Orte eingesetzt werden. Die Zuordnung der Trassen in den einzelnen Ortteilen zeigen nachfolgende Abbildungen:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **59** von **118**



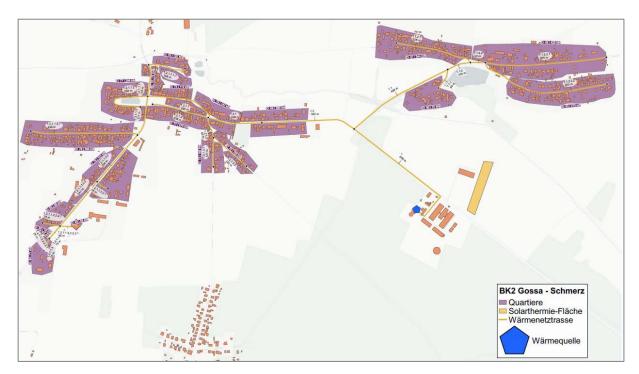


Abbildung 30 | Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung, Solarthermie-Fläche in Gossa und Schmerz, Orts-Gesamtansicht



Abbildung 31 | Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung in Plodda, Ortsgesamtansicht

Seite **60** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



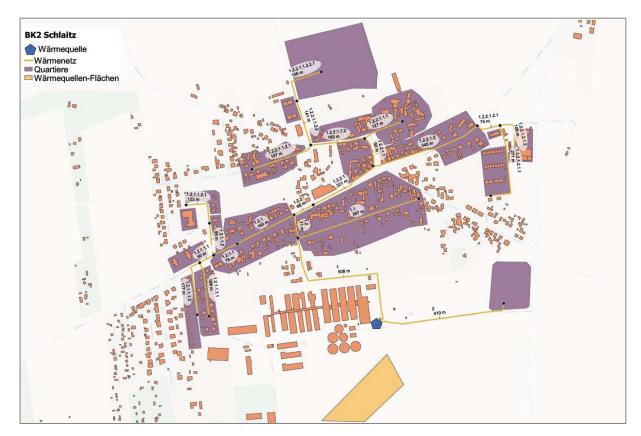


Abbildung 32 | Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung, Solarthermie-Freifläche in Schlaitz, Ortsgesamtansicht

7.2.4 Kühlungs- und Kältebedarf

Für die Gebäude wurde ein Kältebedarf im Rahmen der Potenzialstudie nicht berechnet. Für Gewerbe und Industrie ist ein Kühlungs- oder Kältebedarf nicht bekannt.

Ein aufgrund des Klimawandels zunehmender Kühlungsbedarf der Gebäude (Neubau sowie Bestandsgebäude) muss bei der Planung im Neubau mit entsprechenden Kühlflächen beachtet werden. Im Wohngebäudebestand war das Thema Kühlung bislang wenig relevant. In den Wohngebäuden mit Baujahr vor 2010 wurde entweder keine Kühlung vorgesehen oder es wurden in Einzelfällen strombetriebene Lösungen über Splitanlagen oder ggf. nächtliche Lüftung vorgesehen, bzw. bauliche, passive Lösungen geschaffen. Beim Einsatz dezentraler Wärmepumpen zur Wärmeversorgung der Gebäude aus dem Nahwärmenetz sind Wärmepumpen auszuwählen, die im Sommer eine Kühlung ermöglichen.

Generell sind vor allem im Neubaubereich bauliche Maßnahmen zur passiven Kühlung (Dachüberstände, Isolierverglasung, sommerlicher Wärmeschutz über Verschattungseinrichtungen, Atrien, Begrünung) sind einer Kühlung mit stromversorgter Anlagentechnik vorzuziehen.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **61** von **118**



7.3 Potenzialanalyse Bilanzkreis 2

7.3.1 Bewertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten

7.3.1.1 Abwärme aus Biogasanlage Schlaitz

Wie im Kapitel 7.2.2.2 bereits vermerkt, wird die Abwärme in der Biogasanlage innerhalb der Heizperiode zu 90% und außerhalb der Heizperiode zu ca. 30% innerhalb der Biogasanlage, zur Stallbeheizung und im Sommer zur Holztrocknung genutzt. Eine Auskopplung von ggf. überschüssigem Bio-Methan zur Versorgung einer kommunalen Heizzentrale ist aktuell laut Betreiber nicht möglich.

Zusammengefasst ergibt sich aktuell folgende Abwärmemenge, die aktuell auskoppelbar wäre. Hierbei handelt es sich um einen diskontinuierlichen Anfall der Abwärme mit einem höheren Anteil außerhalb der Heizperiode:

BK 2 Biogasanlage Schlaitz	Wert	Einheit	Bemerkungen
Anschlussleistung	1.000	kW	laut BNA, Marktstammdatenregister
Überschüssige Wärme Sommer	300	kW	laut Klärung om 20 06
überschüssige Wärme Winter	100	kW	laut Klärung am 30.06.
Wirkungsgrad Wärmeübertragung	80%	%	Annahme
verfügbare Wärmemenge im Sommer	1.210	MWh/a	für 7 Monate (April-Oktober)
verfügbare Wärmemenge im Winter	288	MWh/a	für 5 Monate (NovMärz)
Wärmemenge pro Jahr	1.498	MWh/a	mit 80-90°C
Kosten Wärmeenergie	0,05	€/kWh	
berechnete Abwärme aus Gärresten			
Temperatur zus. Abwärme	38	°C	Temperatur Gärresteaustrag
Temperaturentzug auf	25	°C	
Durchfluss	2.000	kg/h	Annahme entsprechend vergleichbarer BGA
Wärmeleistung	30	kW	bei kontinuierlichem Austrag
Vollbenutzungsstunden BGA / Jahr	8.760	Vbh/a	Annahme
Wärmemenge pro Jahr	265	MWh/a	mit ca. 38°C
Gesamt-Wärmemenge pro Jahr	1.762	MWh/a	
Anteil Abwärme aus Gärresten	15%	%	

Tabelle 20 | Berechnungsergebnisse zu verfügbarer Abwärme BGA Schlaitz

Insgesamt verfügt die Biogasanlage in Schlaitz nach diesen Berechnungen über eine Abwärmemenge von 1.762 MWh/a, wobei 15% dieser Abwärmemenge mit nur ca. 35-38°C zur Verfügung steht.

Bei der Errichtung eines kommunalen Wärmenetzes sollte die Biogasanlage unbedingt eingebunden werden. Eine genauere Datenermittlung war im Zuge der Potenzialstudie nicht umsetzbar. Genaue Daten sollten vor einer detaillierten Planung des Wärmenetzes in Zusammenarbeit mit der Betreibergesellschaft über Messtechnik ermittelt werden.

Empfehlung:

Die Biogasanlage Schlaitz geht 2027 aus der EEG-Grundförderung. Spätesten 2025 sollten sich die Betreiber der Biogasanlage und die Vertreter der Kommunen zusammenfinden und Geschäftsmodelle zur Weiterführung der Biogasanlage mit dem Fokus einer Methanisierung und Nutzung in der Kommune verständigen (das ist ohnehin politischer Konsens). Davor sollte die Gemeinde Muldestausee alle beteiligten Akteure für eine kommunale Wärmewende bereits in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung einbezogen haben, um möglichst fertige Vorschläge, zum Beispiel bezüglich der Struktur des Nahwärmenetzes, in den Prozess einbringen zu können.

Seite **62** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



7.3.1.2 Abwärme aus Biogasanlage Schmerz

Für die Biogasanlage in Schmerz ergibt sich folgende Berechnung der verfügbaren Abwärmepotenziale:

BK 2 Biogasanlage Schmerz	Wert	Einheit	Bemerkungen
Anschlussleistung elektrisch	500	kW	
Wärmeleistung mit 500 kW	490	kW	
Wärmeleistung mit 250 kW	240	kW	
Abwärmemenge mit 500 kW	3.430	kWh/d	6-11 / 17-19 Uhr
Abwärmemenge mit 250 kW	4.080	kWh/d	restlichen 17 Stunden täglich
Summe Abwärme	2.741	MWh/a	
Betriebsstunden pro Jahr	8.760	h/a	
Wärmemenge pro Monat	225.300	kWh/a	durchschnittlich pro Monat
Wärmemenge Eigenverbrauch	1.126.500	kWh/a	im Winter (5 Monate) 100% Eigenverbrauch
Wärmemenge im Sommer	1.802	MWh/a	im Sommer (7 Monate) mit 80-90°C
Wärmeleistung im Sommer	0,36	MW	
berechnete Abwärme aus Gärresten			
Temperatur zus. Abwärme	45	°C	höhere Temp. aufgrund thermophiler Fermenter
Temperaturentzug auf	25	°C	
Durchfluss	1.500	kg/h	Annahme entsprechend vergleichbarer BGA
Wärmeleistung	35	kW	bei kontinuierlichem Austrag
Vollbenutzungsstunden BGA / Jahr	8.760	Vbh/a	Annahme
Wärmemenge pro Jahr	306	MWh/a	mit ca. 38°C
Gesamt-Wärmemenge pro Jahr	2.108	MWh/a	
Anteil Abwärme aus Gärresten	14%	%	

Tabelle 21 | Abwärmepotenziale BGA Schmerz

Insgesamt verfügt die Biogasanlage in Schlaitz nach diesen Berechnungen über eine Abwärmemenge von 2.108 MWh/a, wobei 15% dieser Abwärmemenge mit nur ca. 35-38°C zur Verfügung steht.

Bei der Errichtung eines kommunalen Wärmenetzes sollte die Biogasanlage unbedingt eingebunden werden. Eine genauere Datenermittlung war im Zuge der Potenzialstudie nicht umsetzbar. Diese sind bei der detaillierten Planung des Wärmenetzes am besten über eine messtechnische Erfassung zuvor zu klären.

Empfehlung:

Der Weiterbetrieb der Biogasanlage Schmerz wird spätestens in zwei Jahren (2024) seitens der Betreiber neu überdacht und neu entschieden. Deswegen sollten spätestens Mitte 2023 Gespräche zwischen Betreiber und Gemeindevertretung angestrebt werden, um gemäß Punkt 7.2.2.1 die Möglichkeiten einer Wärmeversorgung der Kommune Schmerz oder weiterer Orte zu diskutieren und damit für die Biogasanlage neue Geschäftsfelder aufzutun.

7.3.2 Bewertung indirekter Abwärmenutzungsmöglichkeiten

7.3.2.1 Nutzung Waldholz aus Forstbetriebsgemeinschaft

In Schmerz in den Büroräumen der Biogasanlage befindet sich auch der Sitz der Forstbetriebsgemeinschaft Heideland e.V. Die Forstbetriebsgemeinschaft ist eine Vereinigung zum größten Anteil privater Waldbesitzer und bewirtschaftet 1.950 Hektar Wald.

Bei Ansatz von durchschnittlich 1,8 fm/ha*a als Entzugsmenge an Energieholz aus dem Wald zzgl. Kronen- und Rindenmaterial kann die Forstgemeinschaft rein rechnerisch ca. 1.134 Tonnen Holzhackschnitzel pro Jahr bereitstellen, sofern diese Mengen nicht als Industrieholz reserviert sind. Die Preisverhandlungen sind dabei ausschlaggebend.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 63 von 118



BK 2 Forstbetriebsgemeinschaft Heidelan	d e.V. – "Heid	1.980	ha
Hackschnitzelmenge aus Festholz	1.069.200	kg/a	Quelle Entzugsmenge: BfN-Daten mit 1,8 fm/ha*a
Hackschnitzel aus Kronen	64.310	kg/a	Quelle Enizugsmenge. Bin-Daten niit 1,6 mma a
Gesamtmenge Holzhackschnitzel	1.134	t/a	
Heizwert Holz	4,0	kWh/kg	lufttrocken, 20% Feuchte
Heizwert Kronen	2,0	kWh/kg	luitti ockeii, 20% Feuchte
Verfügbare Wärmeenergie pro Jahr	4.405	MWh/a	

Tabelle 22 | Kalkulation Hackschnitzelmenge der FBG Heideland e.V.

Die Berechnung der Wärmemenge über Holzhackschnitzel erfolgt detailliert in Kapitel 8.3.

7.3.2.2 Nutzung Solarthermie-Freiflächenanlage

Für den Bilanzkreis 2, speziell an den Orten Schlaitz, Plodda und Schmerz wurden für die sommerliche Grundlastabdeckung (vorrangig Warmwasserversorgung) Solarthermie-Freiflächenanlagen auf die gemeindeeigenen Grundstücke südlich der BGA in Schlaitz, östlich Plodda und nordöstlich der BGA Schmerz geplant (siehe gelb markierte Flächen in Abbildung 30, Abbildung 32 und in Abbildung 32) und einschließlich mit dem in Kapitel 7.2.1 aufgenommenen Wärmelasten simuliert (Simulationsprogramm "Polysun"). Unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen von insgesamt knapp 33.000 m² wurde laut Quelle [16] mit dem Verhältnis von Landfläche zu Kollektorfläche von 2,0 eine Kollektorfläche von insgesamt 16.417 m², verteilt auf die drei Flächen, angerechnet. Die angegebenen Flächen stellen nur Vorschläge dar und beziehen sich auf gemeindeeigene Flächen.

Der Ertrag der Solarthermieanlagen liegt bei insgesamt 9.352 MWh/a und verteilt sich auf die Heizperiode mit 1.861 MWh/a (November bis März) und mit 7491 MWh/a auf den Zeitraum ohne Heizung. Der durchschnittliche Kollektorertrag liegt bei 465 kWh/m²*a. Die Anlage wurde dabei auf die TWW-Last im Sommer ausgelegt. Überschüsse im Sommer werden über den saisonalen Wärmespeicher für die Heizperiode zwischengespeichert.

BK 2 Gossa & Schmerz: So	larthermie		
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Fläche zur Verfügung	8.537,00	m²	
spez. Flächenertrag ST	0,20	MWh/m²*a	Quelle
Solarertrag simuliert	4.468	MWh/a	
Verhältnis LF/KF	2,00		Quelle
Kollektorfläche KF	8.000	m²	
Simulation Polysun			
Speichergröße	100	m³	
Verfügbarkeit Sommer	3586	MWh/a	April - Oktober
Verfügbarkeit Heizperiode	882,3	MWh/a	November - März
Vorlauftemp. Netz	55	°C	
Rücklauftemp. Netz	45	°C	
spezifischer Kollektorertrag	559	kWh/m²*a	
Investitionskosten / Betriebsko	sten		
spez. Investitionskosten	500	€/m²	laut Richtpreisangebot
Investitionskosten	4.000.000	€	
Wartungskosten pro Jahr	1.000	€/a	
Betriebskosten	80.000	€/a	Stromkosten

Seite 64 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



BK 2 Schlaitz: Solarthermie			
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Fläche zur Verfügung	21.783,00	m²	
spez. Flächenertrag ST	0,20	MWh/m²*a	Quelle
Solarertrag simuliert	4.331	MWh/a	
Verhältnis LF/KF	2,00		Quelle
Kollektorfläche KF	10.892	m²	
Simulation Polysun			
Speichergröße	100	m³	
Verfügbarkeit Sommer	3492	MWh/a	April - Oktober
Verfügbarkeit Heizperiode	839,4	MWh/a	November - März
Vorlauftemp. Netz	55	°C	
Rücklauftemp. Netz	45	°C	
Investitionskosten / Betriebsko	sten		
spez. Investitionskosten	350	€/m²	laut Richtpreisangebot
Investitionskosten	3.812.025	€	
Wartungskosten pro Jahr	1.000	€/a	
Betriebskosten	38.120	€/a	Stromkosten

BK 2 Plodda: Solarthermie			
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Fläche zur Verfügung	2.513,00	m²	
spez. Flächenertrag ST	0,20	MWh/m²*a	Quelle
Solarertrag simuliert	553	MWh/a	
Verhältnis LF/KF	2,00		Quelle
Kollektorfläche KF	1.200	m²	
Simulation Polysun			
Speichergröße	100	m³	
Verfügbarkeit Sommer	413	MWh/a	April - Oktober
Verfügbarkeit Heizperiode	140	MWh/a	November - März
Vorlauftemp. Netz	80	°C	
Rücklauftemp. Netz	60	°C	
spezifischer Kollektorertrag	461	kWh/m²*a	
Investitionskosten / Betriebsko	sten		
spez. Investitionskosten	450	€/m²	laut Richtpreisangebot
Investitionskosten	540.000	€	
Wartungskosten pro Jahr	800	€/a	
Betriebskosten	10.800	€/a	Stromkosten

Zusammenfassung Solarthe		
Gesamt-Fläche	32.833,00	m²
gesamt-Kollektorfläche	20.092	m²
Gesamt-Jahresertrag:	9.352,60	MWh/a
Gesamt-Ertrag Sommer	7491,2	MWh/a
Gesamt-Ertrag Winter	1861,4	MWh/a
spez. Ertrag Sommer	373	kWh/m²*a
spez. Ertrag Winter	93	kWh/m²*a
spez. Investitionskosten	416	€/m²
Investitionskosten	8.352.025	€
Betriebskosten	131.720	€/a

Tabelle 23 | Berechnungsergebnisse Solarthermie-Anlagen im BK2

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **65** von **118**



7.3.2.3 Nutzung Aquifer-Wärmespeicher

Die Ort Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz befinden sich über einem Grundwasserleiterkomplex (GWLK) C / 1.8 und GWLK B / 1.5 gemäß nachfolgender Abbildungen. Der GWLK A 1.1 wird im Nordosten allenfalls knapp berührt.

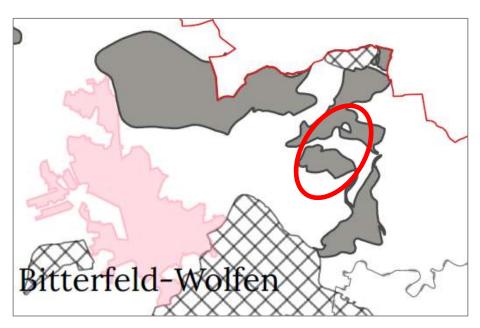


Abbildung 33 | Lage der GWLK C 1.8 unter den Orten Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz, (graue Fläche innerhalb Markierung in Rot)

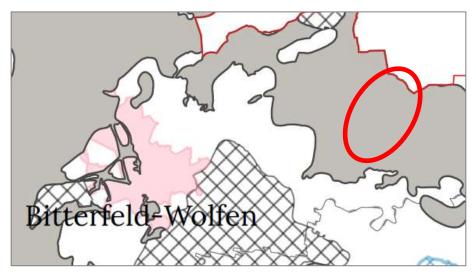


Abbildung 34 | Lage GWLK B 1.5 unter den Orten Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz (graue Fläche innerhalb Markierung in Rot)

Seite **66** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



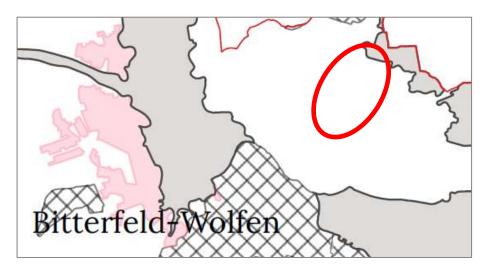


Abbildung 35 | Lage GWLK A 1.1 unter den Orten Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz (graue Fläche innerhalb Markierung in Rot)

Für die Nutzungsmöglichkeit stehen die gleichen Aussagen wie für den Ort Muldenstein in Kapitel 6.3.2.3. Im Gebiet der Standorte der Gemeinde Muldestausee dominieren quartäre Lockergesteins-Aquifere, wie in Abbildung 21 dargestellt.

In Abbildung 22 ist in einer Lupendarstellung aus dem Geografischen Informationssystem eine räumliche Verbreitung dieser Aquifere dargestellt. Dabei wurde die Mindestmächtigkeit von 5 Metern bereits berücksichtigt. Nähere Erläuterungen sind in [11] enthalten.

Fazit: Eine Aquifer-Nutzung ist generell möglich.

7.4 Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

Nach der Bilanzierung der Ausgangssituation der Wärmeverbraucher mit Bestandsgebäuden und Neubaubereichen und der Bilanzierung der Abwärme- und Umweltwärmequellen bestand der nächste Schritt in der Zusammenführung der Ergebnisse und der Konzeptfindung für die zukünftige Wärmeversorgung des Bilanzkreises 2 mit den Ortsteilen Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz.

Die Bilanzierung aus Ab- und Umweltwärmequellen und der in den Orten vorhandenen oder zukünftigen Wärmesenken, die an ein potenzielles kommunales Wärmenetz angeschlossen werden könnten, ergab folgende Ergebnisse:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 67 von 118



Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	worhandene Wärme- hluss- Potenziale Solarthermie Ertrag bei 100% Anschlussquote Leistung Abwärme aus Bi		rme- nziale Solarthermie Ertrag bei L		rme aus BGA
		[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a] (Gesamt)	[MWh/a]	[MWh/a]	[MW]	[MW] (Sommer)
					ST- Sommer	ST-Winter	Abwärme- Sommer	Abwärme- Winter
BK2	Schlaitz	7.627	4.841	1.762	3.492	839	0,30	0,10
BK2	Gossa	9.733	5.878	6.513			0,39	0,00
BK2	Schmerz	3.690	2.214	0.515	3586	882	0,39	0,00
BK2	Plodda	5.980	3.342		413	140		
BK2 G	esamt	27.029	16.275	8.276	7.491	1.861	0,69	0,10

Tabelle 24 | Bilanz Wärmebedarf und Wärme-Quellen im Bilanzkreis 2

Bei den Potenzialen mit Leistungsangaben (MW) wurden nur die sommerlich vorhandenen Potenziale der Biogasanlagen benannt. In die insgesamt verfügbare Wärmemenge (MWh) aus den Potenzialen wurden die Daten der Wärmemengen aus den Holzhackschnitzeln der FBG eingerechnet.

Die vorhandenen Wärmepotentiale umfassen in Schlaitz die Biogasanlage, in Gossa und Schmerz die Biogasanlage Schmerz und die Holzmengen aus der Forstbetriebsgemeinschaft Heideland e.V. In Plodda existieren keine direkten Quellen an verfügbarer Wärme, hier kann der Wärmebedarf ausschließlich mittels zu errichtender Anlagen gedeckt werden, was in den kommenden Abschnitten beschrieben wird.

7.4.1 Beschreibung technisches Konzept

Der Bilanzkreis 2 wurde aufgrund der örtlich unterschiedlichen Verfügbarkeit der Abwärmequellen und weiterer Energieträger in drei Unterbereiche aufgeteilt.

Es wurde aufgeteilt in folgende Unterbereiche:

- Ort Schlaitz mit einem Wärmenetz und Abwärme Biogasanlage Schlaitz
- Orte Schmerz und Gossa mit einem Wärmenetz und Abwärme Biogasanlage Schmerz
- Ort Plodda mit einem Wärmenetz ohne Abwärme

Es wurden nachfolgend die technischen Konzeptbeschreibungen und die jeweiligen Spezifikationen und Komponenten, die zeitlichen Verläufe der Speicherbewirtschaftung und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen entsprechend dieser Aufteilung betrachtet.

Die Quantifizierung der CO₂-Emissionen sowie ein Vorschlag für den Zeitplan führt die drei Bereiche anschließend in der Bewertung wieder zusammen.

7.4.2 Betrachtung und Bewertung Unterbereich Schlaitz

7.4.2.1 Beschreibung technisches Konzept Schlaitz

Mit der Bilanzierung von möglichen Abwärmepotenzialen, zusätzlichen regional verfügbaren Energieträgern und den Wärmesenken wird ein kaltes, wechselwarmes Nahwärmenetz mit Netztemperaturen zwischen 15 und 50°C in Kombination mit einem saisonalen Aquifer-Speicher empfohlen. Über die Biogasanlage in Schlaitz können nach aktuellem Stand im Sommer 0,1 MW und im Winter 0,3 MW an Abwärme genutzt werden. Das Netz wird versorgt in Kombination mit einer Solarthermie-Freiflächenanlage, die auf die sommerliche Schwachlastzeit (TWW-Versorgung) ausgelegt wurde, einem Aquifer-Speicher zur saisonalen Speicherung sommerlicher Überschüsse und einer Spitzenlastversorgung (und Ausfallversorgung) auf Holzhackschnitzel-Basis.

Seite **68** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Mit dem Wegfall der Grenzen der Methanisierung, zumindest im Winter 2022 – 2023, eröffnen sich weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Abwärmemenge. Hier sollten kurzfristig Gespräche mit dem Betreiber der Biogasanlage aufgenommen werden. Eine Übersicht über die Anlagentechnik stellt nachfolgende Abbildung aus der Simulation dar:

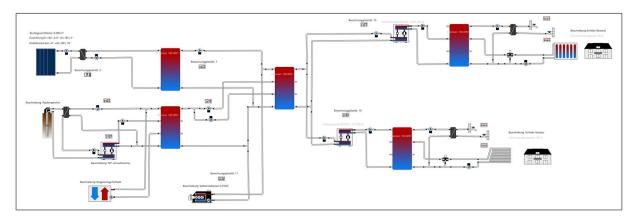


Abbildung 36 | Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Schlaitz

Zur Vereinfachung und kalkulatorischen Abschätzung wurden in der Simulation bei den Wärmesenken zwei Gebäudetypen unterschieden: einmal Neubau mit Niedertemperatur-Flächenheizung und zweitens Bestandsgebäude mit höhertemperierten Radiatorenheizungen. Außerhalb der Heizperiode wurden die oben angegebenen Wärmelasten zur TWW-Bereitung eingerechnet. Folgende Wärmequellen wurden simuliert:

- Abwärme aus Biogasanlage
- Solarthermie-Freiflächenanlage ausgelegt auf TWW-Bereitung im Sommer
- Spitzenlastabdeckung mit Holzhackschnitzel-Anlage
- Aquifer-Speicher

Die Übergabe an die einzelnen angeschlossenen Gebäude erfolgt über dezentrale Wärmepumpen, die als Quelle das Nahwärmenetz nutzen. Sie heben die Vorlauftemperatur aus dem Wärmenetz bedarfsgerecht auf die gewünschte Heiztemperatur an oder nutzen sie zur TWW-Bereitung. Da das Wärmenetz die Gebäude bereits mit relativ hohen Temperaturen versorgt, können die dezentralen Wärmepumpen mit sehr guten COP-Werten (COP = Coefficient of Performance) zwischen 4 und 7 arbeiten. Die Ergebnisse der Polysun-Simulation des Wärmenetzes und der Energieversorger-Anlagen sind in Anlage 6 enthalten.

Skalierung des Netz-Ausbaus

Eine Erweiterung des kommunalen Nahwärmenetzes ist auf zweierlei Arten möglich.

Entweder über eine Erweiterung des dann bereits bestehenden kommunalen Wärmenetzes oder, sollte das vorhandene Netz bereits komplett ausgelastet sein, über ein oder mehrere neue Quartiersnetze. In beiden Fällen sind eine separate Betrachtung, Auslegung und Planung erforderlich.

Im Weiteren gelten die Aussagen wie bereits in Kapitel 6.4.1.3 beschrieben.

7.4.2.2 Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Schlaitz Wärmeerzeuger

Entsprechend Beschreibung inkl. der Prioritäten in der Nutzung:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **69** von **118**



- Priorität 1: Abwärmequelle Biogasanlage mit aktuell max. 0,3 MW, Einbindung in die vorhandene Abwärmenutzung über Wärmetauscher inkl. Regelung, Einspeisung in Aquifer bei sommerlichen Überschüssen
- Wärmepumpe (2,0 MW) zur Nutzung des Aquiferspeichers
- Priorität 2: Solarthermie-Freiflächenanlage (10.892 m²)
- Priorität 3: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 2,0 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Wärmeverteilsystem

- wechselwarmes, niedertemperiertes Wärmenetz mit 15°C bis max. 50°C mit ca. 4,2 km Länge insgesamt
- Einsatz von preisgünstigen, fertig verlegbaren PE-Rohrsystemen
- Dimensionierung zwischen DN 40 und DN 300 je nach Leistungsdichte

Aufsummierte	Heizlasten in den Tr	assenabschnit	ten, Kosten i	n Schlaitz		
Nr.	Einbezogene ID	Heizlast nach Quote	Heizlast max. bei 100%	Länge	Kosten pro Meter	Kosten bei 100% Anschluss
		[kW]	[kW]	[m]	[€/m]	[€]
1	alle außer 46	2.369	3.515	508	76.200	76.200
2	46	200	200	410	20.500	20.500
1.1	51	371	618	387	25.155	30.960
1.2	alle außer 46, 51	1.799	2.697	71	10.650	10.650
1.2.2	57, 58	1.081	1.635	66	8.250	9.900
1.2.2.1	gleich wie 1.2.2	1.081	1.635	221	27.625	33.150
1.2.2.1.1	Summe 52, 54, 60, 59, 61, 47	756	1.106	92	9.200	11.500
1.2.2.1.1.1	54	123	205	127	6.350	8.255
1.2.2.1.1.2	1.2.2.1.1 minus 54	633	901	165	13.200	20.625
1.2.2.1.1.2.1	59	216	360	197	12.805	12.805
1.2.2.1.1.2.2	61 + 47	229	229	141	9.165	9.165
1.2.2.1.1.2.2.1	47	142	142	156	7.800	7.800
1.2.2.1.2	Summe 53, 62, 63, 48	525	729	345	27.600	34.500
1.2.2.1.2.1	Summe 63, 62, 48	373	475	74	4.810	4.810
1.2.2.1.2.1.2	48	207	259	108	7.020	7.020
1.2.2.1.2.1.1	62	119	169	271	13.550	13.550
1.2.1	Summe 55, 67, 68, 66, 56, 57, 58	718	1.062	193	19.300	24.125
1.2.1.1	1.2.1 minus 55	407	543	78	5.070	6.240
1.2.1.1.2	Summe 66, 67, 68	156	195	99	4.950	4.950
1.2.1.1.2.1	Summe 66, 68	136	160	122	6.100	6.100
1.2.1.1.1	Summe 56, 57, 58	250	349	50	3.250	3.250
1.2.1.1.1.1	57	67	112	166	6.640	8.300
1.2.1.1.1.2	58	80	134	177	7.080	8.850
Summe			3.715	4.224		373.205

Tabelle 25 | Liste der Leitungsabschnitte in Schlaitz mit Zuordnung der Heizlast, Länge, Querschnitt und Kosten

Seite **70** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte mit der Annahme einer 100%igen Anschlussquote. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Netzabschnitte richtet sich nach der Anschlussquote pro Abschnitt. Mit der angewendeten Methodik einer gebäudegenauen Erfassung, kann somit mit Kenntnis der genauen Anschlussquoten pro Netzabschnitt die Wirtschaftlichkeit von Netzabschnitten bewertet werden.

Wärmeübergabe an die Gebäude

Die Übergabe vom Wärmenetz an die Gebäude erfolgt mittels Übergabestationen an gebäudeeigene, dezentrale Wärmepumpen. Die Kosten für die Hausanschlüsse wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dem Wärmenetz zugeordnet.

Die Gebäudebesitzer selbst tauschen in diesem Fall die auf fossilen Energieträgern arbeitende Heizungsanlagen gegen entsprechend dimensionierte Wärmepumpen-Anlagen aus. Für eine komplett treibhausgasneutrale Versorgung muss entweder Netzstrom aus erneuerbaren Energien bezogen oder der Strom mit eigenen PV-Anlagen erzeugt werden. Die Erneuerung der Heizungsanlage und der Einbau einer Wärmepumpe wird über das BEG (Bundesprogramm effiziente Gebäude) pro Gebäude mit 35% bezuschusst.

Bei der Auswahl der dezentralen Wärmepumpen für die Gebäude sind Wärmepumpen mit Kühlfunktion zu bevorzugen.

7.4.2.3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Schlaitz

Um die Anlagendimensionierung bewerten zu können, ist es hilfreich zeitliche Verläufe der Simulationsdaten zu betrachten. Dazu ist in Abbildung 37 der Verlauf von Wärmebedarf (Heizwärme & Trinkwarmwasser) und den vorherrschenden Temperaturen im Solarthermiespeicher (oben und unten) exemplarisch für den Zeitraum Juni bis Juli dargestellt.

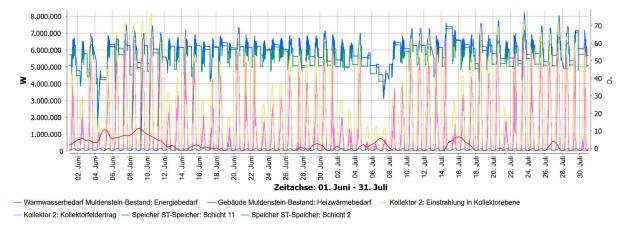


Abbildung 37 | Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Schlaitz von Juni bis Juli | Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht

Es wird ersichtlich, dass die Speichertemperatur (blau/ türkis) im Sommer nur überdurchschnittlich sinkt, wenn ein Heizwärmebedarf (rot) anfällt (05. - 10. Juni), oder wenig Solareinstrahlung zur Verfügung steht (04. - 08. Juli). Es wird ersichtlich, dass trotz Abfall der Temperaturen in der Nacht im Juni, die Solaranlagengröße so dimensioniert ist, um den Speicher am nächsten Tag wieder aufzuladen und die Energie in der Nacht zur Verfügung zu stellen. Einstrahlungsengpässe, wie am 07. Juli, können vom Speicher überbrückt werden, ohne dass die obere Speichertemperatur unter 35 °C sinkt. Dies ist ein Zeichen, dass die Anlage ausreichend dimensioniert ist.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 71 von 118



7.4.2.4 Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Schlaitz

Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert zuerst die Klärung folgender Hauptpunkte:

- 1. Führen der Gespräche mit BGA-Betreiber. Entwürfe für Vereinbarungen langfristiger Lieferverträge für Abwärme
- 2. Ermittlung der Anschlussquote → Informationsveranstaltung(en) mit den Bürgern, Einsetzen einer kommunalen Beratungsstelle
- 3. Entscheidungen zu Netzgröße und Netztemperatur und Auswahl der Kombination der Energieversorger
- 4. Suche / Gründung einer Betreibergesellschaft, die Planung und Errichtung übernehmen

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten hängt in hohem Maße von der Anschlussquote ab. Bei 100% igem Anschluss der Gebäude entsprechend Abbildung 32 wurden die Betriebskosten berechnet. Die Investitionskosten können mit bis zu 40% über das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (Einführung ab September 2022 geplant) bezuschusst werden. Zusätzlich zur Förderung der Investitionen gibt es Zuschüsse auf die Betriebskosten der Anlage mit

- 0,02 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Solarthermie-Anlagen*
- 0,03 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Umweltwärme oder Abwärme, wie Umweltwärme oder Biomasse-Heizungen (Nach aktuellem Entwurfsstand des BEW für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs)

Mit Einrechnung der Förderzuschüsse ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren folgende Ergebnisse für den Wärmepreis der gelieferten kWh (Berechnung inkl. Hausanschlüsse, exkl. dezentrale Wärmepumpen). Als Wärmequellen sind die Nutzung der Abwärme aus der Biogasanlage, Nutzung einer Solarthermie-Freiflächenanlage und Speicherung der Überschüsse in einen Aquiferspeicher mit zusätzlicher Wärmepumpe zur Nutzung der Aquifer-Wärme inkl. Gewinnspanne für den Betreiber:

Berechnung Investitionskosten, Betrieb							
Grundkonzept mit Abwärmenutzung Bid	Grundkonzept mit Abwärmenutzung Biogasanlage Schlaitz						
Abwärmenutzung inkl. Aquiferanbindung	604.000	€	inkl. Wärmepumpe				
Solarthermie-Anlage	3.812.025	€					
Wärmenetz, inkl. Hausanschlüsse	1.233.000	€	bei 100% Anschluss				
Spitzenlast-Kessel	570.000	€	2,0 MW Leistung				
Netzpumpen	541.887	€					
Gesamt-Investition	6.760.912	€					
Förderung 40%	2.704.365	€	laut BEW*				
Gesamt-Investition abzl. Förderung	4.056.547	€					
Nutzungsdauer	20	Jahre					
jährliche Abschreibung	202.827	€					
Betriebskosten (jährlich)	482.574	€					
Abwärmekosten Biogasanlage	52.416	€	0,035 €/kWh				
Kosten pro Jahr	737.817	€/a					
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	3.292	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh				
Förderung Wärmepreis Solarthermie	86.628	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh				
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	647.898	€ /a					
erzeugte Jahresmenge	6.514	MWh	BGA + ST + Kessel				
Gestehungspreis pro kWh	0,0995	€/kWh					
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme				
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,1195	€/kWh					

Tabelle 26 | Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärmenetz Schlaitz

Seite **72** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Die Kilowattstunde kann an die Verbraucher mit einem vorkalkulierten Wärmepreis von 12,0 Cent/kWhgeliefert werden.

7.4.3 Betrachtung und Bewertung Unterbereich Gossa und Schmerz

7.4.3.1 Beschreibung technisches Konzept Gossa und Schmerz

Mit der Bilanzierung von möglichen Abwärmepotenzialen, zusätzlichen regional verfügbaren Energieträgern und den Wärmesenken wird auch für Gossa und Schmerz ein gemeinsames kaltes, wechselwarmes Nahwärmenetz mit Netztemperaturen zwischen 15 und 50°C in Kombination mit einem saisonalen Aquifer-Speicher empfohlen. Über die Biogasanlage in Schmerz können nach aktuellem Stand im Sommer knapp 0,4 MW an Abwärme genutzt werden. Die Biogasanlage hat momentan keine Abwärme im Winter verfügbar. Das kann sich aber mit der Aufhebung der Grenzen zur Methanisierung (siehe Kapitel 7.2.2.1) ändern. Mit dem Wegfall Grenzen der Methanisierung, zumindest im Winter 2022 – 2023, eröffnen sich weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Abwärmemenge. Hier sollten ebenfalls kurzfristig Gespräche mit dem Betreiber der Biogasanlage aufgenommen werden.

Das Netz wird versorgt in Kombination mit einer Solarthermie-Freiflächenanlage, die auf die sommerliche Schwachlastzeit (TWW-Versorgung) ausgelegt wurde, einem Aquifer-Speicher zur saisonalen Speicherung sommerlicher Überschüsse und einer Spitzenlastversorgung (und Ausfallversorgung) auf Holzhackschnitzel-Basis.

Eine Übersicht über die Anlagentechnik stellt nachfolgende Abbildung aus der Simulation dar:

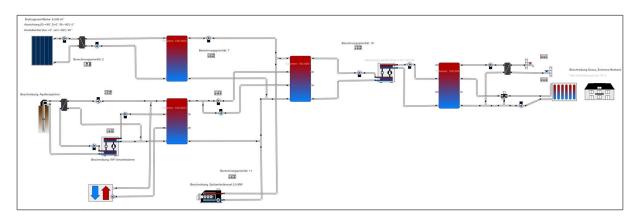


Abbildung 38 | Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Gossa und Schmerz

Zur Vereinfachung und kalkulatorischen Abschätzung wurden in der Simulation der Wärmesenken als Gebäudetyp ein Bestandsgebäude stellvertretend für alle Gebäude mit der Summe der Heizlast bei 100% Anschlussquote eingesetzt (Einsatz von Radiatorenheizungsanlagen). Neubaugebiete sind in Gossa und Schmerz aktuell nicht vorgesehen.

Außerhalb der Heizperiode wurden die oben angegebenen Wärmelasten zur TWW-Bereitung eingerechnet. Folgende Wärmequellen wurden simuliert:

- Abwärme aus Biogasanlage
- Solarthermie-Freiflächenanlage ausgelegt auf TWW-Bereitung im Sommer
- Spitzenlastabdeckung mit Holzhackschnitzel-Anlage
- Aquifer-Speicher inkl. Wärmepumpe

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 73 von 118



Die Übergabe an die einzelnen angeschlossenen Gebäude erfolgt über dezentrale Wärmepumpen, die als Quelle das Nahwärmenetz nutzen. Sie heben die Vorlauftemperatur aus dem Wärmenetz bedarfsgerecht auf die gewünschte Heiztemperatur an oder nutzen sie zur TWW-Bereitung. Da das Wärmenetz die Gebäude bereits mit relativ hohen Temperaturen versorgt, können die dezentralen Wärmepumpen mit sehr guten COP-Werten (COP = Coefficient of Performance) zwischen 4 und 7 arbeiten.

Die Ergebnisse der Polysun-Simulation des Wärmenetzes und der Energieversorger-Anlagen sind in den Anlagen enthalten.

Skalierung des Netz-Ausbaus

Eine Erweiterung des kommunalen Nahwärmenetzes ist auf zweierlei Arten möglich. Entweder über eine Erweiterung des dann bereits bestehenden kommunalen Wärmenetzes oder, sollte das vorhandene Netz bereits komplett ausgelastet sein, über ein oder mehrere neue Quartiersnetze. In beiden Fällen sind eine separate Betrachtung, Auslegung und Planung erforderlich. Im Weiteren gelten die Aussagen wie bereits in Kapitel 6.4.1.3 beschrieben.

7.4.3.2 Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Gossa und Schmerz

Wärmeerzeuger

Entsprechend Beschreibung inkl. der Prioritäten in der Nutzung:

- Priorität 1: Abwärmequelle Biogasanlage mit aktuell max. 0,4 MW, Einbindung in die vorhandene Abwärmenutzung über Wärmetauscher inkl. Regelung, Einspeisung in Aquifer bei sommerlichen Überschüssen
- Wärmepumpe (2,0 MW) zur Nutzung des Aquiferspeichers
- Priorität 2: Solarthermie-Freiflächenanlage (8.000 m²)
- Priorität 3: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 3,5 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Wärmeverteilsystem

- wechselwarmes, niedertemperiertes Wärmenetz mit 15°C bis max. 50°C mit ca. 5,5 km Länge insgesamt
- Einsatz von preisgünstigen, fertig verlegbaren PE-Rohrsystemen
- Dimensionierung zwischen DN 40 und DN 500 je nach Leistungsdichte

Seite **74** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Aufsummierte	Heizlasten in den Trassenabsc	hnitten, Koster	n in Gossa ur	nd Schmerz		
Nr.	Einbezogene ID	Heizlast nach Quote	Heizlast max. bei 100%	Länge	Kosten pro Meter	Kosten bei 100% Anschluss
		[kW]	[kW]	[m]	[€/m]	[€]
1	alle	4.050	6.715	28	5.600	7.000
1.1	80,81,82,83	1.107	1.845	466	58.250	69.900
1.1.1	80	70	117	89	3.560	4.450
1.1.2	81,82,83	1.037	1.728	100	12.500	15.000
1.1.2.1	81	344	573	325	21.125	26.000
1.1.2.2.	82,83	693	1.155	62	4.960	7.750
1.1.2.2.1	82	420	700	509	33.085	40.720
1.1.2.2.2		273	455	553	35.945	35.945
	69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,7					
1.2	9,49,50,64,65	2.943	4.870	397	59.550	99.250
	70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,4					
1.2.1	9,50,64,65	2.563	4.238	228	34.200	45.600
1.2.1.2	71	273	456	239	15.535	15.535
1.2.1.3	72,73	313	522	88	5.720	7.040
1.2.1.3.1	73	160	266	121	6.050	7.865
1.2.1.3.2	72	153	256	182	9.100	11.830
1.2.1.1	74,75,76,77,78,79,49,50,64,65	1.830	3.016	296	44.400	44.400
1.2.1.1.1	75,76	195	325	133	6.650	8.645
1.2.1.1.2	77	298	496	268	17.420	17.420
1.2.1.1.3	78,79,49,50,64,65	1.225	2.008	171	21.375	25.650
1.2.1.1.3.1	78	566	944	448	35.840	56.000
1.2.1.1.3.2	79,49,50,64,65	659	1.064	258	20.640	32.250
1.2.1.1.3.2.2	49,50,64,65	245	373	241	15.665	15.665
1.2.1.1.3.2.2.1	65	99	166	75	3.000	3.750
1.2.1.1.3.2.2.2	50,64	87	135	70	2.800	3.500
1.2.1.1.3.2.2.3	49	58	73	65	2.600	2.600
1.2.1.1.3.2.2.2.1	50	16	16	26	1.040	1.040
1.2.1.1.3.2.2.2.2	64	71	119	55	2.200	2.750
Summe		_	6.715	5.493		607.555

Tabelle 27 | Liste der Leitungsabschnitte in Gossa und Schmerz mit Zuordnung der Heizlast, Länge, Querschnitt und Kosten

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte mit der Annahme einer 100%igen Anschlussquote. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Netzabschnitte richtet sich nach der Anschlussquote pro Abschnitt. Mit der angewendeten Methodik einer gebäudegenauen Erfassung, kann somit mit Kenntnis der genauen Anschlussquoten pro Netzabschnitt die Wirtschaftlichkeit von Netzabschnitten bewertet werden.

Wärmeübergabe an die Gebäude

Die Übergabe vom Wärmenetz an die Gebäude erfolgt mittels Übergabestationen an gebäudeeigene, dezentrale Wärmepumpen. Die Kosten für die Hausanschlüsse wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dem Wärmenetz zugeordnet.

Die Gebäudebesitzer selbst tauschen in diesem Fall die auf fossilen Energieträgern arbeitende Heizungsanlagen gegen entsprechend dimensionierte Wärmepumpen-Anlagen aus. Für eine komplett treibhausgasneutrale Versorgung muss entweder Netzstrom aus erneuerbaren Energien bezogen oder der Strom mit eigenen PV-Anlagen erzeugt werden. Die Erneuerung der Heizungsanlage und der Einbau einer Wärmepumpe wird über das BEG (Bundesprogramm effiziente Gebäude) pro Gebäude mit 35% bezuschusst.

Bei der Auswahl der dezentralen Wärmepumpen für die Gebäude sind Wärmepumpen mit Kühlfunktion zu bevorzugen.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **75** von **118**



7.4.3.3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Gossa, Schmerz

Um die Anlagendimensionierung bewerten zu können, ist es hilfreich zeitliche Verläufe der Simulationsdaten zu betrachten. Dazu ist in Abbildung 39 der Verlauf von Wärmebedarf (Heizwärme & Trinkwarmwasser) und den vorherrschenden Temperaturen im Solarthermiespeicher (oben und unten) exemplarisch für den Zeitraum Juni bis Juli dargestellt.

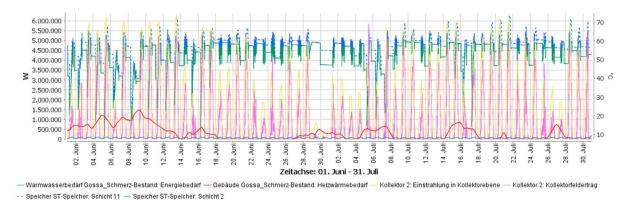


Abbildung 39 | Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Gossa und Schmerz von Juni bis Juli | Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht

Es wird ersichtlich, dass die Speichertemperatur (blau/ türkis) im Sommer nur überdurchschnittlich sinkt, wenn ein Heizwärmebedarf (rot) anfällt (05. - 10. Juni), oder wenig Solareinstrahlung zur Verfügung steht (04. - 08. Juli). Es wird ersichtlich, dass trotz Abfall der Temperaturen in der Nacht im Juni, die Solaranlagengröße so dimensioniert ist, um den Speicher am nächsten Tag wieder aufzuladen und die Energie in der Nacht zur Verfügung zu stellen. Einstrahlungsengpässe, wie am 30. Juni, können vom Speicher überbrückt werden, ohne dass die obere Speichertemperatur unter 40 °C sinkt. Dies ist ein Zeichen, dass die Anlage ausreichend dimensioniert ist.

7.4.3.4 Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Gossa und Schmerz

Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert zuerst die Klärung folgender Hauptpunkte:

- 1. Führen der Gespräche mit BGA-Betreiber. Entwürfe für Vereinbarungen langfristiger Lieferverträge für Abwärme
- 2. Ermittlung der Anschlussquote → Informationsveranstaltung(en) mit den Bürgern, Einsetzen einer kommunalen Beratungsstelle
- Entscheidungen zu Netzgröße und Netztemperatur und Auswahl der Kombination der Energieversorger
- 4. Suche / Gründung einer Betreibergesellschaft, die Planung und Errichtung übernehmen

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten hängt in hohem Maße von der Anschlussquote ab. Bei 100%igem Anschluss der Gebäude entsprechend Abbildung 30 wurden die Betriebskosten berechnet. Die Investitionskosten können mit bis zu 40% über das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (Einführung ab September 2022 geplant) bezuschusst werden. Zusätzlich zur Förderung der Investitionen gibt es Zuschüsse auf die Betriebskosten der Anlage mit

- 0,02 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Solarthermie-Anlagen*
- 0,03 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Umweltwärme oder Abwärme, wie Umweltwärme oder Biomasse-Heizungen*

Seite **76** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de

^{*}Nach aktuellem Entwurfsstand des BEW für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs



Mit Einrechnung der Förderzuschüsse ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren folgende Ergebnisse für den Wärmepreis der gelieferten Kilowattstunde (Berechnung inkl. Hausanschlüsse, exkl. dezentrale Wärmepumpen) für die Nutzung der Abwärme aus der Biogasanlage und Nutzung einer Solarthermie-Freiflächenanlage inkl. Gewinnspanne für den Betreiber:

Berechnung Investitionskosten, Betrieb	skosten Wärmenet	z Gossa ur	nd Schmerz
Grundkonzept mit Abwärmenutzung Bio	ogasanlage Schmer	' Z	Bemerkungen
Abwärmenutzung inkl. Aquiferanbindung	604.000	€	inkl. Wärmepumpe
Solarthermie-Anlage	4.000.000	€	
Wärmenetz, inkl. Hausanschlüsse	2.056.555	€	bei 100% Anschluss
Spitzenlast-Kessel	840.000	€	3,5 MW Leistung
Netzpumpen	975.516	€	
Gesamt-Investition	8.476.071	€	
Förderung 40%	3.390.428	€	laut BEW*
Gesamt-Investition abzl. Förderung	5.085.643	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	254.282	€	
Betriebskosten (jährlich)	850.105	€	
Abwärmekosten Biogasanlage	63.084	€	0,035 €/kWh
Kosten pro Jahr	1.167.471	€/a	
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	197.892	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh
Förderung Wärmepreis Solarthermie	89.366	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	880.213	€/a	
erzeugte Jahresmenge	9.341	MWh	BGA + ST + Kessel
Gestehungspreis pro kWh	0,0942	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,1142	€/kWh	

Die Kilowattstunde kann an die Verbraucher mit einem vorkalkulierten Wärmepreis von 11,4 Cent/kWh geliefert werden.

7.4.4 Betrachtung und Bewertung Unterbereich Plodda

7.4.4.1 Beschreibung technisches Konzept Plodda

Der Ort Plodda liegt ca. 1,3 km von Schlaitz und Gossa entfernt (jeweils Ortsmitte) und besitzt im Ort keine Abwärmequelle. Aufgrund der Größe des Ortes mit aktuell 473 Einwohnern (Stand Januar 2022) und der kompakten Anordnung am Straßenverlauf, eignet sich die Errichtung eines kommunalen Wärmenetzes mit möglichst 100 % Anschlussquote.

Da es im Ort keine bekannten Abwärmequellen gibt, kann eine treibhausgasneutrale Versorgung über ein kommunales Wärmenetz über Solarthermie-Freiflächenanlage in Verbindung mit einem Pufferspeicher plus Spitzenlast-Holzhackschnitzel-Kessel erfolgen. Der Pufferspeicher mit 100 m³ (Stand in der Grobplanung) speichert Überschüsse aus der Solarthermie-Anlage zum Lastspitzenausgleich und dient gleichzeitig als hydraulische Weiche für den Spitzenlastkessel. Das Wärmenetz ist als heißes Netz mit max. 80°C Netztemperatur geplant.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 77 von 118



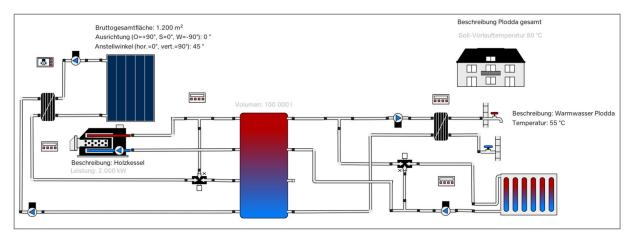


Abbildung 40 | Anlagenschema der Polysun-Simulation für Plodda

Zur Vereinfachung und kalkulatorischen Abschätzung wurden in der Simulation der Wärmesenken als Gebäudetyp ein Bestandsgebäude stellvertretend für alle Gebäude mit der Summe der Heizlast bei 100% Anschlussquote eingesetzt (Einsatz von Radiatorenheizungsanlagen). Neubaugebiete sind in Plodda aktuell nicht vorgesehen.

Außerhalb der Heizperiode wurden die oben angegebenen Wärmelasten zur TWW-Bereitung eingerechnet.

Folgende Wärmequellen wurden simuliert:

- Solarthermie-Freiflächenanlage ausgelegt auf TWW-Bereitung im Sommer
- Spitzenlastabdeckung mit Holzhackschnitzel-Anlage
- Pufferspeicher 100 m³

Die Übergabe an die einzelnen angeschlossenen Gebäude erfolgt über Wärmeübergabestationen.

Aufgrund der Möglichkeiten vor Ort in Plodda wird folgende Anlagenkonfiguration vorgeschlagen:

- Planung / Errichtung eines kommunalen Wärmenetzes mit 80/60 °C
- Versorgung des Netzes mit Wärme mind. 80°C über Holzhackschnitzel-Kesselanlage (ggf. Kaskadenschaltung)
- Solarthermie-Freiflächenanlage, auf sommerliche Schwachlastzeit ausgelegt
- Gebäudeanschlüsse mit Wärmeübergabestationen
- Für nicht angeschlossene Gebäude: Übergangszeiträume und -fristen setzen für THG-neutrale Heizungsumstellung

Die Ergebnisse der Polysun-Simulation des Wärmenetzes und der Energieversorger-Anlagen sind in Anlage 5 enthalten.

Skalierung des Netz-Ausbaus

Eine Erweiterung des kommunalen Nahwärmenetzes ist auf zweierlei Arten möglich.

Entweder über eine Erweiterung des dann bereits bestehenden kommunalen Wärmenetzes oder, sollte das vorhandene Netz bereits komplett ausgelastet sein, über ein oder mehrere neue Quartiersnetze. In beiden Fällen sind eine separate Betrachtung, Auslegung und Planung erforderlich.

Im Weiteren gelten die Aussagen wie bereits in Kapitel 6.4.1.2 beschrieben.

Seite **78** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



7.4.4.2 Auflistung technische Komponenten und Spezifikationen in Plodda

Wärmeerzeuger

- Priorität 1: Solarthermie-Freiflächenanlage (1.200 m²)
- Pufferspeicher (100 m³)
- Priorität 2: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 2,0 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Wärmeverteilung

• Wärmenetz mit ca. 2 km Länge, Netztemperatur VL / RL: 80°C / 60°C

Aufsummierte	Heizlasten in den Tr	assenabschnit	ten, Kosten i	n Plodda		
Nr.	Einbezogene ID	Heizlast nach Quote	Heizlast max. bei 100%	Länge	Kosten pro Meter	Kosten bei 100% Anschluss
		[kW]	[kW]	[m]	[€/m]	[€]
1	alle	1.671	2.785	-		
1.1	72, 71, 69, 70	412	687	168	10.920	13.440
1.1.1.1	71	53	88	119	4.760	4.760
1.1.1.2	69	184	307	272	13.600	17.680
1.1.1.3	70	55	91	129	5.160	5.160
1.2	73	142	236	306	15.300	19.890
1.3	74, 75, 76, 77	1.117	1.862	92	11.500	13.800
1.3.1	75, 76, 77	973	1.622	213	26.625	31.950
1.3.1.1	76	652	1.087	321	25.680	40.125
1.3.1.2	77	128	213	228	11.400	14.820
Summe				1.848		161.625

Tabelle 28 | Übersicht der Wärmenetz-Abschnitte, Längen und Kosten im Ort Plodda

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte mit der Annahme einer 100%igen Anschlussquote. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Netzabschnitte richtet sich nach der Anschlussquote pro Abschnitt. Mit der angewendeten Methodik einer gebäudegenauen Erfassung, kann somit mit Kenntnis der genauen Anschlussquoten pro Netzabschnitt die Wirtschaftlichkeit von Netzabschnitten bewertet werden.

Wärmeübergabe an die Gebäude

Die Übergabe vom Wärmenetz an die Gebäude erfolgt mittels Wärme-Übergabestationen an das Heizungsnetz und TWW-Bereitung. Die Kosten für die Wärmeübergabestationen wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dem Wärmenetz zugeordnet.

Die Gebäudebesitzer selbst tauschen in diesem Fall die auf fossilen Energieträgern arbeitenden Heizungsanlagen gegen die Hausanschluss- und Wärmeübergabestationen aus. Für eine komplett treibhausgasneutrale Versorgung sollte zusätzlich entweder Netzstrom aus erneuerbaren Energien bezogen oder der Strom mit eigenen PV-Anlagen erzeugt werden.

7.4.4.3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation Plodda

Um die Anlagendimensionierung bewerten zu können, ist es hilfreich zeitliche Verläufe der Simulationsdaten zu betrachten. Dazu ist in Abbildung 39Abbildung 41 der Verlauf von Wärmebedarf (Heizwärme & Trinkwarmwasser) und den vorherrschenden Temperaturen im Solarthermiespeicher (oben und unten) exemplarisch für den Zeitraum Juni bis Juli dargestellt.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **79** von **118**



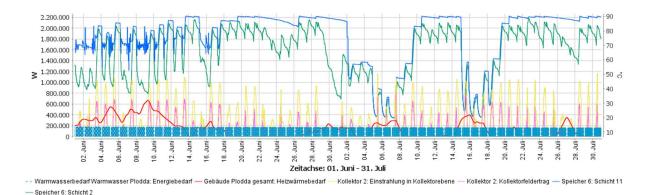


Abbildung 41 | Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Plodda von Juni bis Juli | Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht

Es wird ersichtlich, dass die Speichertemperatur (blau/ türkis) aufgrund der höheren Netztemperatur in Plodda durchgehend höher ist. Sie sinkt im Sommer nur überdurchschnittlich stark, wenn ein Heizwärmebedarf (rot) anfällt (05. - 10. Juni), oder wenig Solareinstrahlung zur Verfügung steht (30. Juni – 04. Juli). Es wird ersichtlich, dass trotz Abfall der Temperaturen in der Nacht im Juni, die Solaranlagengröße so dimensioniert ist, um den Speicher am nächsten Tag wieder aufzuladen und die Energie in der Nacht zur Verfügung zu stellen. Einstrahlungsengpässe, wie am 30. Juni, können vom Speicher überbrückt werden, ohne dass die obere Speichertemperatur unter 80 °C sinkt. Wenn zu einer geringen Einstrahlung noch ein Heizwärmebedarf dazukommt (05.Juli) dann sinkt die Speichertemperatur rapide ab. Hier muss der Spitzenlastkessel die nötige Wärme liefern. Im Rahmen einer vertiefenden Planung könnte ggf. noch die Solarthermiefläche bzw. die Speichergröße variiert werden, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

7.4.4.4 Ableitung Optimierungsmaßnahmen und Wirtschaftlichkeit Plodda

Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert zuerst die Klärung folgender Hauptpunkte:

- Besprechungen mit Forstbetriebsgemeinschaft Heideland e.V. und ggf. weiteren Forstwirtschaftsbetrieben über Möglichkeiten der Versorgung mit Holzhackschnitzeln über langfristige Lieferverträge
- 2. Sicherung gemeindeeigener Flächen für Solarthermie-Anlagen
- 3. Nach Klärung von 1. und 2. Entscheidungen zur Netztemperatur und ggf. Variante
- 4. Ermittlung der Anschlussquote → Informationsveranstaltung(en) mit den Bürgern, Einsetzen einer kommunalen Beratungsstelle
- 5. Suche / Gründung einer Betreibergesellschaft, die Planung und Errichtung übernehmen

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten hängt in hohem Maße von der Anschlussquote ab.

Bei 100%igem Anschluss der Gebäude entsprechend Abbildung 31 wurden die Betriebskosten berechnet. Die Investitionskosten für das Wärmenetz und die Hausanschlüsse können mit bis zu 40% über das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (Einführung ab September 2022 geplant) bezuschusst werden. Zusätzlich zur Förderung der Investitionen gibt es Zuschüsse auf die Betriebskosten der Anlage mit

• 0,02 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Solarthermie-Anlagen*

Seite **80** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de

^{*}Nach aktuellem Entwurfsstand des BEW für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs



Mit Einrechnung der Förderzuschüsse ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren folgende Ergebnisse für den Wärmepreis der gelieferten Kilowattstunde (Berechnung inkl. Wärmeübergabestation) für die Variante mit Solarthermieanlage und Holzhackschnitzelkessel inkl. Gewinnspanne für den Betreiber:

Berechnung Investitionskosten, Betrieb	skosten Wärmenet	z Plodda	
Grundkonzept Solarthermieanlage und			Bemerkungen
Solarthermie-Anlage	540.000	€	
Pufferspeicher	180.000	€	
Wärmenetz	161.625	€	
Hausanschlüsse + Wärmeübergabest.	1.008.000	€	bei 100% Anschluss
Spitzenlast-Kessel	570.000	€	2,0 MW Leistung
Netzpumpen	407.480	€	
Gesamt-Investition	2.867.105	€	
Förderung 40%	1.146.842	€	laut BEW*
Gesamt-Investition abzl. Förderung	1.720.263	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	86.013	€	
Betriebskosten Kesselanlage	193.815	€	
Betriebskosten Solaranlage	11.600	€	0,035 €/kWh
Kosten pro Jahr	291.428	€/a	
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	118.780	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh
Förderung Wärmepreis Solarthermie	11.058	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	161.590	€/a	
erzeugte Jahresmenge	6.492	MWh	Solarthermie + Kessel
Gestehungspreis pro kWh	0,0249	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,0449	€ /kWh	

Tabelle 29 Ermittlung Wärmepreis Plodda

7.4.5 Quantifizierung der Emissionsreduktion im Bilanzkreis 2

Die Berechnung der CO₂-Bilanzen zwischen IST- und SOLL-Stand erfolgte für die drei Wärmenetze. Bei der Berechnung der Reduzierung der CO₂-Emissionen wurde vom IST-Stand im Wärmeverbrauch ausgegangen und auf der Basis von Erdgas als Wärmeträger gerechnet. Der Stromverbrauch für Heizkreispumpen oder Erdgasbrenner wurde dabei nicht eingerechnet. Im Vergleich dazu wurden die CO₂-Emissionen nach Inbetriebnahme der drei Wärmenetze berechnet. Diese Emissionen setzen sich aus dem Strombedarf dezentraler Wärmepumpen, Netzpumpen, zentraler Wärmepumpen und Solarthermiepumpen zusammen. Außerdem sind die CO₂-Emissionen durch Verbrennung von Biomasse in den Hackschnitzelkesseln aufgeführt.

Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	CO ₂ - Emissionen IST-Stand (bei 100% Anschluss)	elektischer Energiebedarf Wärmepumpen und Pumpen zentral / dezentral	Energiebedarf Biomasse	CO2- Emissionen Biomasse	CO ₂ - Emissionen Strombedarf	Summe CO2- Emmissionen Soll-Stand	
		[MWh/a]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
BK2	Schlaitz	7.627	1.533	1.822	685	18	667	685	848
BK2	Gossa	9.733	2.698	3.636	3.070	83	1.331	1,414	1.284
BK2	Schmerz	3.690	2.096	3.030	3.070	63	1.331	1.414	1.204
BK2	Plodda	5.980	1.202	395	5.939	160	144	305	897
BK2 Gesamt		27.029	5.433	5.853	9.694	262	2.142	2.404	3.029

Tabelle 30 | Berechnungsergebnis CO₂-Bilanz IST und SOLL-Stand für Bilanzkreis 2, ohne Einrechnung von PV-Anlagen

Mit Umsetzung der Wärmenetze im Bilanzkreis 2 ergibt sich eine überschlägige CO₂-Emmissionsreduktion von 3.029 t pro Jahr im Vergleich zum Ist-Zustand mit Gasheizungen.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 81 von 118



Eine Möglichkeit die CO₂-Bilanz zu verbessern, ist die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) zur Bereitstellung von erneuerbarer elektrischer Energie.

7.4.6 Vorschlag Ablauf- und Zeitplan

Der vorgeschlagene Ablauf- und Zeitplan steht prinzipiell gleichermaßen für alle drei Bilanzkreise und wurde pro Bilanzkreis angepasst. Der Zeitraum für die komplette Umsetzung wurde auf 5 Jahre avisiert. Hierbei sind evtl. Lieferengpässe nicht berücksichtigt. Bei einer konsequenten Leitung des Prozesses durch ein kommunales Organisationsteam kann dieser Zeitrahmen eingehalten werden. Wichtig sind eine frühzeitige Einbindung aller Akteure und eine permanente Kommunikation mit allen Beteiligten.

Maßnahme	4/22	1/23	2/23	3/23	4/23	1/24	2/24	3/24	4/24	1/25	2/25	3/25	4/25	1/26	2/26	3/26	4/26	1/27	2/27	3/27	4/27	1/28	2/28	3/28	4/2
Gespräche mit BGA-Betreibern und Forstwirtschaft																									Т
Festlegung zur Lieferung der Abwärme aus BGA, und Hackschnitzeln																								\Box	T
Entscheidung zur Art der Wärmenetze und Versorgung																								\Box	Т
Finanzierung klären, Antrag Förderung für kommun. Personal																									Т
Zusammenstellung und Gründung Orga-Leitstelle, Einrichtung																								\Box	т
Themen-Homepage														l										i '	
Bürger-Sprechstunde einrichten und betreiben																									F
Bürgerversammlungen Vorstellung Ergebnisse Studie, Werbung für																								Г	Т
Anschluss, weitere Info-Veranstaltungen				•		•								•										i '	
Kommunikation über die Fortschritte bei den Maßnahmen mit allen																									П
Akteuren über geeignete Medien																									П
weitere Gespräche mit Akteuren (BGA, Forstwirtschaft, Vermieter,		_												l										i '	
EVU), Festlegung Abwärmemengen, Liefermengen, Zeiträume														_										<u> </u>	_
Entscheidung Anschlussquote nach Rückmeldung der Bürger																									
Entscheidung Größe Wärmenetz und Anschlussquote																								<u> </u>	
Betreibergesellschaft für Wärmenetz suchen, gründen						_	_																		
Gemeindeeigene Fläche prüfen und sichern																									
Fördermittelcheck / Fördermittelbeantragung (BEW/KomRL)																									
Ausschreibung Entwurfs- und Genehmigungsplanung							I																		П
Durchführung Entwurfs- und Genehmigungsplanung (LP3-4)																									
Check Aquifers peicherung								I																	П
Genehmigungen sind erteilt									Γ																П
Ausschreibung Ausführungsplanung bis Objektbetreuung (LP5-9)																									
Durchführung HOAI LP 5-9												Ī				Ι									₹
Ausschreibung Bau Wärmenetz, Errichtung Zentralen, Anlagentechnik															•										П
Bauarbeiten und Maßnahmenumsetzung																									П
Fördermittelbeantragung Anschlusswillige																									П
Austausch Heizungsanlagen in Gebäuden, Hausanschlüsse je nach																								\Box	T
Baufortschritt														l		1 1									
Einweihung, Öffentlichkeitsinformation																									F
Abrechnung Fördermittel															=										F

Tabelle 31 | Vorschlag Zeitplan für Bilanzkreis 2, Orte Schlaitz, Gossa + Schmerz und Plodda

8 Bilanzkreis 3 – Krina

8.1 Übersicht Bilanzkreis 3

Das Walddorf Krina liegt südöstlich von Gossa und Schmerz. Der Ort besitzt eine Fläche von knapp 15 km². In Krina wohnen 579 Einwohner (2021). Die Ausdehnung der Ortschaft in der Fläche liegt bei 1,6 km in Ost-West-Richtung und beträgt 1,3 km in Nord-Süd-Richtung. Der Ort ist geprägt von Waldund Forstwirtschaft sowie von landwirtschaftlichen Flächen in der näheren Umgebung.

In Krina befindet sich der Forstwirtschafts- und Sägewerksbetrieb Sedlmayer, der familieneigene Waldflächen bewirtschaftet. Das Unternehmen wurde mit seinen Holzabfällen, bzw. als Lieferant von Holzhackschnitzeln als ein potenzieller Energielieferant eingeschätzt.

Seite **82** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Das Walddorf Krina als Bilanzkreis 3 umfasst laut Lageplan folgendes Ortsgebiet:

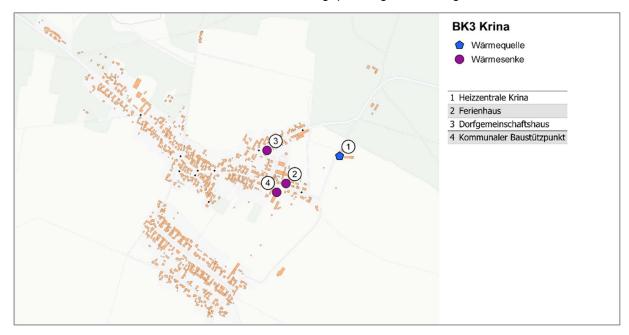


Abbildung 42 | Lageplan Ort Krina mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken

Neue Baugebiete sind derzeit in Krina nicht geplant. Entsprechend des Protokolls des Auftaktgespräches wurde auf folgende Wärmesenken von der Gemeinde fokussiert, bzw. empfohlen zur Einbeziehung:

A: Neue geplante oder in Vorbereitung befindliche Baugebiete - keine

B: Bestandsgebäude, Bestandsquartiere

- Kommunaler Baustützpunkt mit zwei Grundstücken
- ggf. Ferienhausbetreiber gegenüber des Bauhofstandortes
- Dorfgemeinschaftshaus (Adresse Zum Eisenhammer 12)

Als potenzielle Ab- oder Umweltwärmequellen wurden im Auftaktgespräch benannt:

- Forstbetrieb Sedlmayer GbR: Sägewerk und Forstbetrieb
- Geplante Pyrolyse-Anlage mit Prozess-Abwärme
- Geothermie und / oder Solarthermie auf gemeindeeigenen Grundstücken

Diese Wärmesenken und potenziellen Wärmequellen bildeten zunächst die Eckpunkte für die weitere Bearbeitung im Bilanzkreis 3.

8.2 Bestandsanalyse Bilanzkreis 3

In der Bestandsanalyse erfolgte eine monatliche Bedarfsermittlung der Wärmesenken und die sinnvolle Zusammenfassung zu Versorgungs-Quartieren. Über die Hilfsmittel der ENEKA-Karten und individuelle Tools der BCC-ENERGIE wurden die Wärmeleistungen und der aktuell genutzten Energieversorgungssysteme ermittelt.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **83** von **118**



8.2.1 Bestandsaufnahme bestehender Energiesysteme und Energieverbräuche

Im Ort Krina bildet der Forstwirtschaftsbetrieb Sedlmeyer als mögliche (Ab-)Wärmequelle einen Eckpunkt in der Bestandsaufnahme. An das Gewerbegrundstück schlossen sich die potenziellen Wärmeverbraucher an.

Die Daten wurden einerseits tabellarisch erfasst und andererseits in einer Karte dargestellt. Die Vorgehensweise bezüglich der Berechnung der Anschlussquoten war gleich wie im BK1.

Die folgende Tabelle fasst die Berechnungen des Wärmeverbrauches für den Ort Krina aus, wobei auch hier wieder die Gebäude einbezogen wurden, die in den Erfassungsradius eines wirtschaftlich betriebenen Nahwärmenetzes passen.

Quartier	Nutzfläche Eneka	rel. Bedarf	rel. Bedarf Quelle Bedarf		Anschluss- quote	Bedarf berechnet	Wärmebedarf entspr. Anschluss- quote	Vollbe- nutzungs- stunden
	[m²]	[kWh/m²*a]			[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[h/a]
kommunaler Baustützpunkt	96	387	Eneka	1	100%	37	37	2.000
Schwemsaler Straße Ost I	866	259	Eneka	7	70%	224	157	2.000
Dorfgemeinschaftshaus	176	166	Eneka	1	70%	29	20	1.300
Schwemsaler Straße West I	2.399	216	Eneka	19	50%	518	259	2.000
Schwemsaler Straße Ost II	1.444	255	Eneka	8	70%	368	258	2.000
Querweg	463	295	Eneka	4	50%	137	68	2.000
Schkönaer Straße Nord	2.325	203	Eneka	15	50%	472	236	2.000
Schkönaer Straße Ost	2.233	269	Eneka	11	50%	601	300	2.000
Schwemsaler Straße West II	1.220	354	Eneka	8	50%	432	216	2.000
Kirchstraße	2.766	208	Eneka	12	50%	575	288	2.000
Teichstraße	1.363	258	Eneka	9	50%	352	176	2.000
Gossaer Straße I	5.402	230	Eneka	25	50%	1.242	621	2.000
Gossaer Straße II	5.203	286	Eneka	24	50%	1.488	744	2.000
Dorfstraße I	796	287	Eneka	7	50%	228	114	2.000
Dorfstraße II	6.711	186	Eneka	32	50%	1.248	624	2.000
Dorfstraße III	5.662	293	Eneka	35	50%	1.659	829	2.000
Äußere Feldstraße	4.717	215	Eneka	30	50%	1.014	507	2.000
Wärmebedarf Trinkwasser						502		
Summen	43.842			248		10.626	5.456	

Tabelle 32 | Ergebnisse der Wärmeverbrauchs-Berechnungen Ort Krina

Für alle Gebäude wurden die ENEKA-Daten entsprechend dem jeweiligen Baujahr der Gebäude eingesetzt. In den Gebäuden werden zu ca. 70% Gasheizungen betrieben, bis auf wenige Ausnahmen mit dem Einsatz von Geothermie in Verbindung mit Wärmepumpen und auf Öl- und Biomasseheizungen.

Der Wärmebedarf für die sommerliche Schwachlastzeit besteht hauptsächlich aus dem Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung (TWW-Bedarf) und wurde nach der Einwohneranzahl mittels Kennzahl berechnet, siehe nachfolgende Tabelle.

Seite **84** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Trinkwasserbedarf Krina	Wert	Einheit
spez. Wärmebedarf TWW	2,5	kWh/(d*EW)
Einwohner Krina	579	
spez. Wärmebedarf	0,058	kWh/l
spez. Trinkwassermenge	40	I/(d*EW)
Gesamtbedarf pro Tag	22002	I/d
Netzabdeckung Ortschaft	95%	
Verbrauch berechnet 100% Anbindg.	466	MWh/a
Verbrauch nach Anbindgsquote	239	MWh/a
Last TWW (8h Volllast) 100% Anbindg.	58	MW
Last TWW (8h Volllast) Anbindgsquote	30	MW

Tabelle 33 | Berechnung TWW-Bedarf Ort Krina, BK3

Bei der Berechnung des Wärmebedarfes in MWh/a und der Heizlast in kW wurde zwischen einer angenommenen Anschlussquote zwischen 50 und 100% und einer 100%igen Anschlussquote der Haushalte bzw. Gebäude unterschieden.

Die Ergebnisse für den Bilanzkreis 3 Krina sehen wie folgt aus:

Bilanz kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärme- bedarf nach Anschluss- quote	Heizlast 100% Anschluss	Heizlast nach Anschluss- quote	TWW-Last 100% Anschluss	TWW-Last nach Anschluss- quote	
		[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	
вкз	Krina	10.626	5.456	5.321	2.733	58	30	

Tabelle 34 | Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse zum Wärmebedarf in BK3

8.2.2 Identifikation der Abwärmequellen und Energielieferanten

8.2.2.1 Nutzung von Waldholz (Holzhackschnitzel)

Insgesamt befinden sich auf dem Territorium der Gemeinde Muldestausee ca. 6.455 ha Wald- und Gehölzflächen (entsprechend GIS-Unterlagen der Gemeinde). Im Einzugsgebiet der Gemeinde liegen mit der Dübener Heide noch weit größere Waldflächen in regionaler Nähe.

10% dieser Wald- und Gehölzfläche wird aufgrund ungeklärter Besitzverhältnisse nicht bewirtschaftet. Die 90% der bewirtschafteten Fläche mit ca. 5.810 ha teilen sich in der Bewirtschaftung hauptsächlich der Forstbetrieb Seldlmeyer mit ca. 1.500 ha, das Land Sachsen-Anhalt sowie die Gemeinde (Staatswald und Körperschaftswald) und die Forstbetriebsgemeinschaft Heideland e.V. mit ca. 990 ha. Wobei die Forstbetriebsgemeinschaft insgesamt 1.980 ha bewirtschaftet, ca. 50% der Fläche liegen territorial aber in benachbarten Gemeinden.

Der im Ort Krina befindliche Forstwirtschaftsbetrieb Sedlmeyer bewirtschaftet ca. 1.500 ha Wald. Im Gewerbebetrieb Sedlmayer am nordöstlichen Rand des Ortes befindet sich die notwendige Technik und ggf. Lagerkapazität zur Weiterverarbeitung von Fest- und Restholz zu verwertbarer Biomasse in Form von Holzhackschnitzeln.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **85** von **118**



Der jährliche Holzzuwachs wird für Sachsen-Anhalt mit 5,8 Erntefestmeter pro Hektar angegeben [24]. In der westlichen Dübener Heide kann in den Kieferngebieten von einer tatsächlichen Nutzung von etwa 3,5-4,0 Festmeter im langjährigen Durchschnitt der wirtschaftenden Betriebe ausgegangen werden (Erfahrungswert für Forstbetriebsgemeinschaften).

Gemäß den Angaben des Forstwirtschaftsbetriebes Sedlmeyer können ca. 5,8 Festmeter (fm) Holz plus ca. 20% Kronen- und Rindenmaterial pro Hektar Wald pro Jahr entnommen werden. Das entspricht in etwa dem jährlichen Zuwachs. Die auf das Jahr hochgerechnete nutzbare Hackschnitzelmenge liegt damit rein rechnerisch auf die bewirtschaftete Gemeindefläche von 5.810 ha bezogen bei ca. 10.300 t/a. Diese Entnahmemenge berücksichtigt aber keine weitere stoffliche Nutzung, sondern geht von einer ausschließlichen Nutzung als Brennmaterial aus.

8.2.2.2 Politischer Hintergrund zur Wald- und Holznutzung

Die Nutzung von Holz ist aus Umweltsicht nicht das Mittel der Wahl zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, so das Umweltbundesamt (UBA) [25].

Eine Zeitreihe der AGEE-Stat zeigt, dass die Nutzung fester Biomasse zur Strom- und Wärmebereitstellung in den letzten Jahren relativ stabil geblieben ist, allerdings auf einem hohen Niveau. Das nachhaltig verfügbare Holzpotenzial zur energetischen Nutzung ist nach den Ergebnissen einer Studie im Auftrag des UBA (BioRest) bereits jetzt übernutzt [26].

Nun profitieren einige Regionen in Deutschland von regionalen Waldflächen in kommunaler Nähe und verfügen damit wahrscheinlich über ein entsprechend hohes Aufkommen an Holz, wie auch die Gemeinde Muldestausee. Dennoch muss die langfristige Verfügbarkeit hinterfragt werden. Aufgrund der Dürre- und Borkenkäfer-Schäden fielen in den vergangenen Jahren hohe Mengen an Restholz an. Die Auswirkungen halten noch immer an. Gleichzeitig läuft eine große Aufforstungswelle, die außerdem aus den einstmals vorherrschenden Nadelbaum-Monokulturen wieder klimaresistenteren Mischwald entstehen lässt. Das hat zwar zur Folge, dass es in 20 bis 30 Jahren einen höheren Holzanfall geben wird aufgrund der nachgewachsenen Kulturen, die dann zur Bewirtschaftung ausgelichtet werden müssen, aber über welche Holzvorkommen verfügen wir bis dahin und anschließend, wenn die Sturm- und Borkenkäfer-Schäden beseitigt sind?

Hinzu kommt, dass der Wald eine wichtige natürliche Kohlenstoffsenke darstellt, die es zu schützen und im Idealfall zu erhöhen gilt, damit in einem treibhausgasneutralen Deutschland unvermeidbare Treibhausgasemissionen z.B. aus industriellen Prozessen oder der Landwirtschaft ausgeglichen werden können. Außerdem ist die stoffliche Nutzung (Weiterverarbeitung zu Langholz, Bauholz, Möbel, Spanholz, etc.) von Holz aus Klimaschutz- und Ressourcenschutzsicht immer einer energetischen Nutzung, also Verbrennung, vorzuziehen. Auch für traditionell nicht stofflich genutzte Sortimente gibt es bereits mehr Möglichkeiten oder Aussichten auf eine stoffliche Nutzung. Und schließlich sollte, wenn das Holz energetisch genutzt wird, solchen Anwendungen Vorrang eingeräumt werden, die nur schwierig durch andere erneuerbare Energien versorgt werden können. Das sind laut dem Abschlussbericht "BioRest" [26] im Wesentlichen die Prozesswärme und der Flug- und Schiffsverkehr. Eine energetische Nutzung von Holz sollte sich somit nur am Ende einer möglichst langen Kette anderer Anwendungen befinden.

Die energetisch nutzbaren Potenziale aus der Forstwirtschaft werden in verschiedenen Studien als Waldrestholz oder als Waldrestholz und Schwachholz bezeichnet [27]. Dabei wird meist mit verschiedenen Methoden für forstliche Betriebe abgeschätzt, ob das eingeschlagene Holz stofflich genutzt wer-

Seite **86** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



den soll, oder aber keine stoffliche Nutzung möglich ist. Dies ist bei der Ermittlung von Waldrestholzpotenzialen die größte Herausforderung. Der generelle Anfall von Holz kann mit Hilfe von Daten aus der Bundeswaldinventur abgeschätzt werden.

Nutzt man die Informationen der BfN-Studie [28], die auf den Daten der dritten Bundeswaldinventur (BWI) und auf den Zuwachsraten von 2002 bis 2012 basieren, so können dem Wald nur 1,8 Festmeter pro Hektar und Jahr als Energieholz bei nachhaltiger Bewirtschaftung entnommen werden. Die verfügbare Menge für die Gemeinde Muldestausee, bezogen auf 5.810 ha, läge damit dann nur noch bei ca. 3.137 Tonnen pro Jahr reine Hackschnitzelmenge.

Die Angaben sind einigermaßen sicher, denn es ist davon auszugehen, dass derzeit die tatsächlich eingeschlagene Holzmenge unter der möglichen einschlagbaren Holzmenge liegt. Dieser bisher im Wald stehende, im Prinzip ungenutzte Holzvorrat müsste aufwendig mobilisiert werden. Gleichzeitig kommen kalamitätsbedingt (Hitze, Dürre, Borkenkäfer, etc.) zunehmend nicht geplante Holzmengen, aber in großem Umfang auf den Markt. Die Planbarkeit wird durch diese Kalamitätsnutzungen zunehmend erschwert.

Aus heutiger Sicht kann Folgendes gesagt werden: Die Auswirkungen des Klimawandels werden den Wald im östlichen Sachsen-Anhalt deutlich treffen. Diese Region zählt bereits heute zu den trockensten Regionen in Deutschland (Regenschatten des Harzes, sandige Böden, hohe Durchschnittstemperaturen, geringer Niederschlag). Von einer Verstärkung der Situation im Klimawandel wird gegenwärtig ausgegangen. Insbesondere Extremwetterereignisse (Stürme, Hitze, Dürre) werden zunehmen. Dies führt zu einer für den Wald instabileren Situation. Aktuell sind seit den Dürrejahren ab 2018 bis heute in den nördlich an die Dübener Heide angrenzenden Waldgebieten starke Auflösungserscheinungen in den Kiefernbeständen mit z.T. sehr hohen Kalamitätsnutzungen (Schadholz) zu beobachten. Anpassungsprozesse hinsichtlich z.B. der Waldstruktur und der Baumartenzusammensetzung werden notwendig werden [24].

8.2.2.3 Abwärmenutzung aus potenzieller Pyrolyseanlage

Um eine stoffliche Nutzung von Waldholz auch bei Energieholz einer Verbrennung vorzuziehen, ist der Einsatz einer Pyrolyse-Anlage sinnvoll. Als Pyrolyse wird die pyrolytische Verkohlung pflanzlicher Ausgangsstoffe bezeichnet. Eingangsstoffe sind u.a. Holzhackschnitzel, Grünschnitte, Bioabfälle oder Gärreste. Im Ergebnis und als Hauptzweck der Pyrolyse entsteht Holzkohle, auch Biochar genannt, die je nach Weiterverarbeitung das darin enthaltene CO₂ dauerhaft, oder zumindest mittelfristig bis zu Zersetzung, bindet. Biochar findet bereits in der Landwirtschaft und im Gartenbau zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit oder als Düngemittel Verwendung. Weitere Absatzmöglichkeiten von Biochar sind in der Automobilindustrie zu finden. Hier kann das Pyrolyse-Produkt ölbasierte Kunststoffe im Innenausbau der Autos ersetzen. Des Weiteren findet Biochar in der Medizin oder in der Pharmazie Anwendung.

Gärreste aus Biogasanlagen können als Substrat ebenfalls in der Pyrolyse-Anlage eingesetzt werden. Das könnte Hackschnitzel teilweise ersetzen, womit die Hackschnitzel wiederum als Brennmaterial zur Abdeckung der Spitzenlasten in den kommunalen Wärmenetzen zur Verfügung stünden. Die Gesamtbilanz muss in Absprache mit den Biogasanlagen erstellt werden.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 87 von 118





Abbildung 43 | Gärreste aus beispielhafter Biogasanlage

Beim Pyrolyse-Prozess entsteht Abwärme, je nach Anlagenbetrieb mit 140 oder mit ca. 90°C Abwärmetemperatur. Die Pyrolyse-Anlage arbeitet bis auf 3 bis 4 Wartungsunterbrechungen durchgehend und kann somit auch nahezu durchgehend im Jahr Abwärme liefern.

Der Einsatz von Pyrolyse-Anlagen stellt grundsätzlich ein eigenständiges Geschäftsmodell dar, in dem die Nutzung von Holz als Brennstoff in die stoffliche Nutzung von Holz unter permanenter Speicherung von CO₂ gewandelt wird. Der wirtschaftliche Fokus einer Pyrolyse-Anlage besteht aus der Produktion von Pyrolyse-Öl und Pflanzenkohle, die je nach Reinheitsgrad als Bestandteil eines Bodenverbesserers in der Landwirtschaft, als Begleitstoff für Futtermittel oder in der Pharmazie oder als Basismaterial für Dämmstoffe und Produkte zur Substitution von Erdöl Einsatz finden. In der vorliegenden Analyse wird nur die thermische Nutzung der unvermeidbaren, industriellen Abwärme bilanziert.

Als Aufstellort für eine Pyrolyseanlage kommt zur Reduzierung der Transportwege die unmittelbare Nähe zum Hackschnitzel-Lieferanten in Krina in Frage.

8.2.2.4 Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Freiflächen

Wie in den Bilanzkreisen 1 und 2 wurde auch für den Bilanzkreis 3 der mögliche Einsatz einer solarthermischen Anlagennutzung simuliert. Für eine potenzielle Solarthermieanlage, die direkt in das Nahwärmenetz einspeist wurden gemeindeeigene Flächen in der Nähe der Heizzentrale bzw. des Netzes gesucht und virtuell eingebunden. Die Solarthermieanlage wurde auf die sommerliche Schwachlastzeit, auf die TWW-Bereitung ausgelegt, so dass ggf. lastgangbedingt nur geringe Wärmeüberschüsse auftreten, die in einem Pufferspeicher zwischengespeichert werden.

Weitere allgemeine Hinweise sind bereits in Kapitel 6.2.2.5 hinterlegt.

8.2.2.5 Einsatzmöglichkeiten Aquiferspeicher für saisonale Nutzung und Speicherung

Die Abwärme aus der Pyrolyse-Anlage steht im Prinzip ganzjährig mit ca. 400 kW zur Verfügung. Die Anlage geht aber 3-4-mal pro Jahr in den Shutdown für Wartungs- und Servicearbeiten. Veranschlagt sind dafür ca. 50 Tage pro Jahr, die sich nach der Einlaufphase der Anlage verringern können.

Seite 88 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Mit der Auslegung der Solarthermieanlage auf die TWW-Bereitung im Sommer, werden außerhalb der Heizperiode nur dann Wärmeüberschüsse aus Pyrolyse und Solarthermie auftreten, wenn die Last der Warmwasserabnahme gerade gering ausfällt. Für eine kurzzeitige Lastgangverschiebung und damit - Lastgangausgleich ist ein Aquiferspeicher nicht notwendig. Hier reicht die Installation eines Pufferspeichers

8.2.3 Örtliche Zusammenführung von Wärmesenken und Wärmequellen

Nach der Bestandsanalyse der Wärmesenken, siehe Kapitel 8.2.1 und der Identifizierung potenzieller Abwärme- oder Umweltwärmequellen, siehe Kapitel 8.2.2, erfolgte die Bestimmung und vorläufige Festlegung der Trassenführung mit Berechnung der Versorgungsdichte und der zu bringenden Wärmeleistung je Trassenabschnitt.

Auf dieser Basis wurde ein Nahwärmenetz für den Bilanzkreis 3 für den Ort Krina geplant, in Teilbereiche untergliedert und die jeweiligen Quartiere zugeordnet. Die gesamte Darstellung des Bilanzkreises 3 zeigt folgende Abbildung.



Abbildung 44 | Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung und potenzielle Solarthermie-Freifläche in Krina, Gesamtansicht

8.2.4 Kühlungs- und Kältebedarf

Für die Gebäude wurde ein Kältebedarf im Rahmen der Potenzialstudie nicht berechnet. Für Gewerbe und Industrie ist ein Kühlungs- oder Kältebedarf nicht bekannt.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 89 von 118



Weiterhin gelten die Aussagen aus den Kapiteln 6.2.4 und 7.2.4.

8.3 Potenzialanalyse Bilanzkreis 3

8.3.1 Bewertung direkter Abwärmenutzungsmöglichkeiten (Variante 1)

Im IST-Stand gibt es noch keine direkten Abwärmequellen im Bilanzkreis 3. Mit Errichtung einer Pyrolyse-Anlage, die aus Hackschnitzeln aus Festholz und ggf. mit Gärresten aus den Biogasanlagen betrieben wird, ändert sich die Situation grundlegend. Anhand von Planungsdaten eines Anlagenherstellers und potenziellen Betreibers einer Pyrolyse-Anlage mit einem Output von 560 Tonnen Biokohle pro Jahr konnte eine auskoppelbare Wärmemenge von 4.425 MWh/Jahr bei einer Wärmeleistung von 590 kW berechnet werden.

Mit der Entscheidung zur Errichtung einer Pyrolyse-Anlage sollte gleichzeitig eine Abwärmenutzung in der ersten Abwärmestufe (Abwärme bis zu 140°C) zum Betrieb einer ORC-Direktverdampferanlage zur Stromerzeugung nachgedacht und entschieden werden. Das könnte das Geschäftsmodell der Pyrolyse-Anlage nochmal verbessern. Mit Einrechnung der ORC-Anlage stünden der Kommune dann mit 3.000 MWh/a etwas weniger Wärmemenge bei 400 kW Leistung zur Verfügung, aber die Pyrolyse-Anlage könnte den Strombedarf aus selbst erzeugtem Strom abdecken und zusätzlich noch 42 kWel. in das Netz einspeisen, bzw. direkt vermarkten, oder, aufgrund des Wegfalls der Hemmnisse durch die EEG-Umlage, direkt an die Kommune oder die Bürger vertreiben. Die Berechnungsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Auslegung Pyroly	se-Anlage PX 15	500								
Berechnungen	Einheit	Bemerkungen								
304	kg TS/h	laut Datenlage Anbieter								
0	%	laut Dateiliage Alibietei								
380	kg AS/h	Umrechnung auf 20% Feuchteanteil								
7.500	h/a	laut RP-Angebot Anlagenhersteller								
2.850.000	kg/a	notwendige Hackschnitzelmenge pro Jahr für								
2.850,0	t/a	Pyrolyse mit 20%								
560.000	kg TS/a	daraus entstehender Output an Biochar pro Jahr (bis								
560	t TS/a	zu)								
590	kW _{therm}									
4.425.000	kWh/a	Überschusswärme (mit Standardmodul -> 140°C)								
4.425	MWh/a									
421,43	MWh/Monat	bei 10,5 Monaten Laufzeit								
1.260	h/a	Betriebspause wegen Shut down								
52,5	d/a	Tage außer Betrieb								
15	d	Betriebspause ab 01.06.								
15	d	Betriebspause ab 14.09.								
15	d	Betriebspause ab 01.03.								
Hinweis zur Lösu	Hinweis zur Lösung mit PX 1500 : Brauchbare Größenordnung für Krina zur									
Grundlastversorgung, Spitzenlastabdeckung mit Hackschnitzel-Kesselanlage										

AS = Ausgangssubstrat

Seite **90** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Variante 2 für Py	rolyse-Anlage - A	Abwärmenutzung über ORC-Direktverdampfer
\/ t	A la	hara iihaa ODC Daaraa
verstromung der	Abwarme aus A	bgas über ORC-Prozess
90	kW_{el}	Stromleistung ORC-Prozess
40	kW_{el}	minus Eigenstrombedarf der Pyrolyse-Anlage
8	kW_{el}	minus Strom-Eigenbetrieb ORC-Anlage
42	kW_{el}	Restertrag Strom - Netzeinspeisung örtl. Netz
400	kW_{therm}	Restertrag Abwärme aus ORC-Prozess mit 90°C
3.000	MWh/a	Abwärmemenge gesamt mit ORC-Prozess
450.000	€	Kosten ORC-Anlage

Tabelle 35 | Berechnung potenzielle Abwärmeleistung und -menge mit Pyrolyse-Anlage

Aus der Pyrolyse-Anlage können somit entweder 4.425 MWh/a mit 590 kWtherm (bei ca. 140°C) oder, bei Einsatz Stromerzeugung mittels ORC-Prozess 3.000 MWh/a bei 400 kWtherm (bei ca. 90°C) an Abwärme ausgekoppelt und in ein kommunales Wärmenetz eingespeist werden.

Da das Hauptgeschäft der Pyrolyse-Anlage in der Herstellung und dem Vertrieb der Biokohle besteht, stellt die Auskopplung und der Verkauf von Abwärme für einen günstigen Abgabepreis an die Kommune ein interessantes zweites Standbein für den Betreiber der Pyrolyse-Anlage dar.

Die Substratbereitstellung könnte über eine vertraglich gebundene jährliche Hackschnitzelmenge vom Forstbetrieb Sedlmeyer erfolgen. Bei der Berechnung wurden die Angaben und Daten des Forstbetriebes angesetzt mit 5,8 fm Holz pro Jahr, was dem Zuwachs an Holz pro Jahr entspricht. Die Berechnung wurde auf die verfügbare und bewirtschaftete Waldfläche des Forstwirtschaftsbetriebes berechnet.

Angaben FWB Sedlmayer (E-Mail vom	10.01.2022 + Telefo	onat 30.06.2022)				
Baumart	Liefermenge pro Jahr (ohne Rinden- , Kronenanteil)	Umrechnungs- faktor Polter- volumen	Schüttraum-meter Hackschnitzel	Hektar Waldfläche	verfügbare Menge Holzhack-schnitzel pro Jahr	(lutttrocken	verfügbare Wärme- energie pro Jahr
	(fm/a*ha]	[srm/fm]	[srm/a*ha]	[ha]	[kg/a]	[kWh/kg]	[MWh/a]
Festholz	5,80	1,50	8,70	1.500	2.610.000	4,0	10.440
Kronenmaterial allgmein	1,16	0,40	0,46	1.500	48.720	2,0	97
				Summen:	2.658.720		10.537
				Abzüglich der Men	gen für Pyrolyse bei	PX 1500	
Gewicht HS aus Festholz:	200	Festholz	-240.000	4,0	0		
Gwicht HS aus Kronen:	70	kg/srm bei 20%	(lufttrocken)	Kronen	48.720	2,0	97
				Summen:	-191.280		97

Tabelle 36 | Berechnung Menge verfügbare Holzhackschnitzel

Die noch fehlenden 240 Tonnen pro Jahr an Holzhackschnitzeln für die Pyrolyse-Anlage kann von anderen Forstwirtschaftsbetrieben bezogen werden, bzw. wird mit anderen Substraten, zum Beispiel Gärresten aus den Biogasanlagen aufgefüllt.

8.3.2 Bewertung indirekter Abwärmenutzungsmöglichkeiten

8.3.2.1 Nutzung Waldholz aus Forstbetriebsgemeinschaft (Variante 1 und 2)

Energieholz in Form von Hackschnitzeln aus den Forstbetriebsgemeinschaften sowie ggf. Zukäufe von Energieholz aus der Region können zur Spitzenlastabdeckung in den Wartungszeiten der Pyrolyse-Anlage, bzw. innerhalb der Heizperiode eingesetzt werden.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 91 von 118



Bei Einbeziehung der restlichen Wald- und Gehölzfläche der Gemeinde Muldestausee können gemäß den Daten aus der BfN-Studie 1,8 fm Energieholz pro Hektar nach Abzug der stofflichen Verwertung genutzt werden. Bezogen auf die bewirtschaftete Waldfläche minus der Fläche vom Forstbetrieb Sedlmeyer und minus der Waldfläche der Forstbetriebsgemeinschaft Heideland, die auf Gemeindeterritorium liegt, können rein rechnerisch 6.426 MWh/a über Spitzenlastkessel in das Wärmenetz eingespeist werden.

Energieholzanteil laut BfN-Studie							
Baumart	Liefermenge pro Jahr (ohne Rinden- , Kronenanteil)	Umrechnungs- faktor Polter- volumen	Schüttraum-meter Hackschnitzel	Hektar Waldfläche	verfügbare Menge Holzhackschnitzel pro Jahr	Heizwert (lufttrocken mit 20% Feuchte)	verfügbare Wärme- energie pro Jahr
	(fm/a*ha]	[srm/fm]	[srm/a*ha]	[ha]	[kg/a]	[kWh/kg]	[MWh/a]
Festholz	1,80	1,50	2,70	3.320	1.792.530	4,0	7.170
Kronenmaterial allgmein	1,16	0,40	0,46		107.817	2,0	216
				Summen:	1.900.347		7.386
				Abzüglich der Rest-	Mengen für Pyrolys	e bei PX 1500	
				Festholz	1.552.530	4,0	6.210
				Kronen	107.817	2,0	216
	Summen:	1.660.347		6.426			

Tabelle 37 | Berechnung potenziell verfügbare Energieholzmenge Gemeinde Muldestausee (abzüglich 1500 Hektar von FWB Sedlmeyer)

8.3.2.2 Nutzung Solarthermie-Freiflächenanlage (Variante 2)

Findet die Errichtung einer Pyrolyseanlage nicht statt, macht die Nutzung der Sonnenenergie mittels Solarthermieflächen Sinn. Der Betrieb einer Pyrolyseanlage im Zusammenhang mit Solarthermie ist allerdings nicht sinnvoll, da die Abwärme der Pyrolyseanlage auch im Sommer anfällt und so mit den Solarerträgen im Sommer ein hohes Überangebot an Energie zur Verfügung stünde.

Für den Bilanzkreis 3 wurde für die Variante 2 (ohne Pyrolyse-Anlage) für die sommerliche Grundlastabdeckung (vorrangig Warmwasserversorgung) eine Solarthermie-Freiflächenanlage auf das gemeindeeigene Grundstück westlich der Dorfstraße geplant (siehe gelb markierte Fläche in Abbildung 44) und
einschließlich mit dem in Kapitel 8.2.1 aufgenommenen Wärmelasten simuliert (Simulationsprogramm
"Polysun"). Unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen von 5.233 m² könnte zwar laut
Quelle [16] mit dem Verhältnis von Landfläche zu Kollektorfläche von 2,0 eine Kollektorfläche von insgesamt 2.617 m² installiert werden, diese Fläche würde aber in der sommerlichen Schwachlastzeit zu
hohe Erträge liefern. Die Kollektorfläche wurde deswegen auf 1.600 m² begrenzt. In die Berechnungen
wurde außerdem ein Pufferspeicher mit 100 m³ Volumen aufgenommen, der Überschüsse zwischenspeichert.

Der Ertrag der Solarthermieanlage liegt bei insgesamt 723 MWh/a und verteilt sich auf die Heizperiode mit 185 MWh/a (November bis März) und mit 538 MWh/a auf den Zeitraum mit geringerem Heizbedarf. Der durchschnittliche Kollektorertrag liegt bei 452 kWh/m²*a.

Als Wärmelast wurden die am kommunalen Wärmenetz angeschlossenen Quartiere und Gebäude und Netztemperaturen von VL = 80°C und RL = 60°C angenommen.

Seite **92** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



BK 3 Krina: Solarthermie			
Vorgegebene Daten	Wert	Einheit	Bemerkungen
Landfläche LF	5.233	m²	
spez. Freiflächenertrag ST	0,20	MWh/m² LF*a	Quelle
Verhältnis LF/KF	2,00		Quelle
Kollektorfläche KF	1.600	m²	
Simulation Polysun			
Speichergröße	100	m³	
Kollektorfeldertrag Jahr gesamt	723	MWh	
Verfügbarkeit Sommer	538	MWh/a	April - Oktober
Verfügbarkeit Heizperiode	185	MWh/a	November - März
Vorlauftemp. Netz	80	°C	
Rücklauftemp. Netz	60	°C	
spezifischer Kollektorertrag	452	kWh/m²*a	
Investitionskosten / Betriebskosten			
spez. Investitionskosten	450	€/m²	
Investitionskosten Solaranlage	720.000	€	
Betriebskosten	15.900	€/a	
Wartung	200	€/a	
Investitionskosten Pufferspeicher	180.000	€	100 m³

Tabelle 38 | Ergebnisse Berechnung Solarthermie-Anlage

Die spezifischen Investitionskosten liegen bei 450 €/m² Kollektorfläche und in Summe bei 720.000 €. Der Pufferspeicher wurde mit ca. 180.000 € Investitionskosten veranschlagt.

Bei den Betriebskosten handelt es sich Kosten für Wartung und Service sowie um die Energiekosten für die Pumpen.

8.3.2.3 Nutzung Wärmespeicher

Krina kann ganzjährig komplett mit Abwärme aus der Pyrolyse-Anlage in Kombination mit einem Spitzenlastkessel (Holzhackschnitzel) über ein hochtemperiertes Nahwärmenetz versorgt werden. Ein saisonaler Speicher wird in dieser Konstellation nicht benötigt. Es ist ein ausreichend groß dimensionierter Schichten-Pufferspeicher für den Lastgangausgleich, bzw. für eine kurzzeitige Wärme-Zwischenspeicherung ausreichend, siehe auch Erläuterungen in Kapitel 8.2.2.5.

8.4 Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

Nach der Bilanzierung der Ausgangssituation der Wärmeverbraucher mit den Bestandsgebäuden und der Bilanzierung der Abwärme- und Umweltwärmequellen bestand der nächste Schritt in der Zusammenführung der Ergebnisse und der Konzeptfindung für die zukünftige Wärmeversorgung des Bilanzkreises 3, Ort Krina.

Die Bilanzierung aus Ab- und Umweltwärmequellen und der im Ort vorhandenen oder zukünftigen Wärmesenken, die an ein potenzielles kommunales Wärmenetz angeschlossen werden könnten, ergab folgende Ergebnisse:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **93** von **118**



Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	vorhandene Wärme- Potenziale	Solarthermion 100% Anso	e Ertrag bei chlussquote	Leistung Abwärm	ne aus Pyrolyse
		[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a] (Gesamt)	[MWh/a]	[MWh/a]	[MW]	[MW] (Sommer)
					ST- Sommer	ST-Winter	Abwärme- Sommer	Abwärme- Winter
BK3	Krina	10.626	5.456	9.426	538	185	0,40	0,40

Tabelle 39 | Bilanz Wärmebedarf und Wärme-Quellen im Bilanzkreis 3

Die einbezogenen Quartiere und Gebäude (siehe Karten unter Kapitel 8.2.3) haben bei 100%igem Anschluss einen Wärmebedarf von 9.426 MWh/a. Die Pyrolyseanlage liefert gleichzeitig und durchgehend (bis auf Wartungs- und Instandhaltungs-Unterbrechungen) eine Abwärmeleistung von 0,4 MW und eine jährliche Wärmemenge von 3.000 MWh. Eine Solarthermie-Anlage liefert von April bis Oktober 489 MWh/a und von November bis März ca. 185 MWh/a.

Wenn eine Solarthermie-Anlage errichtet wird, kann diese rein rechnerisch mehr als das 1,6-fache der benötigten Menge an Wärme der benötigten TWW-Last bei 100% Anschlussquote abdecken. Im Sommer werden somit, bei genügend hoher Zwischenspeicherung bestenfalls keine Holzhackschnitzel in der Spitzenlastabdeckung benötigt.

Die Gebäudebetreiber in den Bereichen oder Quartieren ohne Anschluss an das Nahwärmenetz können bzw. müssen ihre Wärmeversorgung separat auf Treibhausgasneutralität umstellen. Sie können dabei auf Fördermittel der KfW oder des BAFA aus dem Bundesförderprogramm effiziente Gebäude (BEG) zurückgreifen. Die Gemeinde kann diesen Modernisierungsprozess der privaten Haushalte einerseits mit einer Änderung im Bebauungsplan (zum Beispiel Verbot des Einsatzes fossiler Verbrennungsheizungen mit Übergangsfrist) einleiten und andererseits über zusätzliche Aufklärung, Beratung, Kommunikation und ggf. regionaler Förderung unterstützen und begleiten.

8.4.1 Beschreibung technisches Konzept

Mit der Bilanzierung von möglichen Abwärmepotenzialen, zusätzlichen regional verfügbaren Energieträgern und den Wärmesenken wird ein heißes Nahwärmenetz mit max. 80°C Netztemperatur in Kombination mit einem Pufferspeicher empfohlen. Da bisher noch keine Pyrolyseanlage besteht und die Errichtung nicht sicher ist, werden im Folgenden 2 Varianten betrachtet.

8.4.1.1 Variante 1: Pyrolyseanlage mit Holzhackschnitzel-Kessel

In der ersten Variante wird angenommen, dass eine Pyrolyseanlage errichtet wird und eine Holzhack-schnitzel-Kessel-Anlage deckt Spitzenlasten und Ausfallszenarien ab. Lastgangbedingte Überschüsse aus der Pyrolyse-Anlage werden kurzzeitig im Pufferspeicher zwischengespeichert, gleichzeitig dient der Puffer als hydraulische Weiche für den HH-Kessel.

Mit der Abwärmenutzung aus der Pyrolyse-Anlage wird eine Solarthermieanlage nicht benötigt, da die Abwärme aus der Pyrolyse-Anlage nahezu ganzjährig im Jahresverlauf zur Verfügung steht und den sommerlichen Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung abdeckt.

Eine Übersicht über die Anlagentechnik stellt nachfolgende Abbildung aus der Simulation dar. Die Ergebnisse der Simulation sind in Anlage 7 aufgeführt.

Seite **94** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



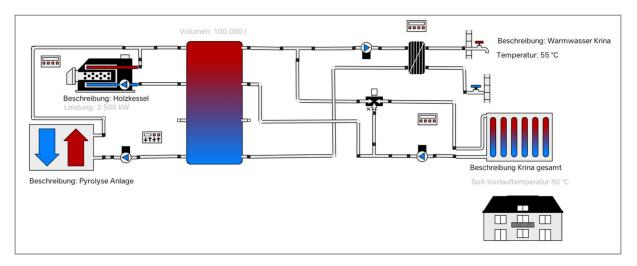


Abbildung 45 | Anlagenschema der Polysun-Simulation für Krina, Variante mit Pyrolyse-Anlage

Zur Vereinfachung und kalkulatorischen Abschätzung wurden in der Simulation der Wärmesenken als Gebäudetyp ein Bestandsgebäude stellvertretend für alle Gebäude mit der Summe der Heizlast bei 100% Anschlussquote eingesetzt (Einsatz von Radiatorenheizungsanlagen). Außerhalb der Heizperiode wurden die oben angegebenen Wärmelasten zur TWW-Bereitung eingerechnet. Folgende Wärmequellen wurden simuliert:

- Abwärme aus Pyrolyse-Anlage
- Spitzenlastabdeckung mit Holzhackschnitzel-Anlage
- Pufferspeicher mit 100 m³

Die Übergabe an die einzelnen angeschlossenen Gebäude erfolgt über Wärmeübergabestationen.

Aufgrund der Möglichkeiten vor Ort in Krina wird folgende Anlagenkonfiguration vorgeschlagen:

- Planung / Errichtung eines kommunalen Wärmenetzes mit 80/60 °C
- Versorgung des Netzes mit Abwärme mind. 90°C aus Pyrolyse-Anlage inkl. ORC-Prozess
- Spitzenlastabdeckung und bei Ausfallzeit der Pyrolyse-Anlage über Holzhackschnitzel-Kesselanlage (ggf. Kaskadenschaltung)
- Gebäudeanschlüsse mit Wärmeübergabestationen
- Für nicht angeschlossene Gebäude: Übergangszeiträume und -fristen setzen für THG-neutrale Heizungsumstellung

8.4.1.2 Variante 2: Holzhackschnitzel-Kessel mit Solarthermie-Anlage

Sollte es nicht zur Errichtung und damit Abwärmenutzung der Pyrolyse-Anlage kommen, so ist ein kommunales Wärmenetz mit Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen (Solare Nahwärmeanlage mit einer Kollektorfläche von ca. 1.600 m²) und Nutzung eines Erdsonden-Wärmespeichers zur saisonalen Speicherung der Solarwärme in Verbindung mit einem Holzhackschnitzel-Kessel als Spitzenlastabdeckung möglich. Diese Variante ist als Simulation gerechnet (siehe. Anlage 8).

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **95** von **118**



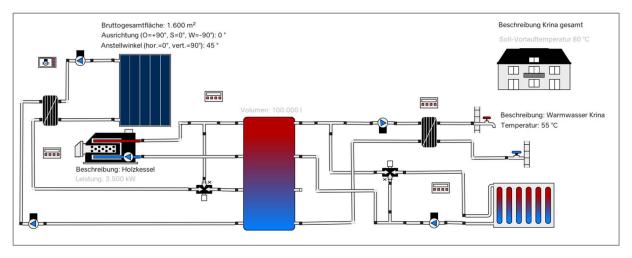


Abbildung 46 | Anlagenschema der Polysun-Simulation für Krina, Variante 2 mit Solarthermie-Anlage

Skalierung des Netz-Ausbaus

Für Krina ist eine Erweiterung des kommunalen Nahwärmenetzes möglich, wenn das bereits vorhandene Netz noch nicht oder in Teilbereichen zu 100% ausgelastet ist.

Dafür ist eine separate Betrachtung, Auslegung und Planung erforderlich unter Einbeziehung der Leistungsreserven der Wärmeversorger. Ggf. sind eine Erhöhung der Spitzenlastabdeckung und / oder eine Erweiterung der Solarthermie-Anlagen notwendig.

8.4.2 Auflistung technischer Komponenten und Spezifikationen

Wärmeerzeuger

Variante 1 mit Pyrolyse-Anlage

- Priorität 1: Abwärmequelle Pyrolyse-Anlage mit 0,4 MW nach Nutzung des ORC-Prozesses (Alternativ ohne ORC-Prozess mit 0,59 MW
- Pufferspeicher mit 100 m³ Volumen zur kurzzeitigen Zwischenspeicherung und zum Ausgleich von Lastspitzen
- Priorität 2: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 3,5 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Variante 2 mit Solarthermie-Anlage

- Priorität 1: Solarthermie-Freiflächenanlage (1.600 m²)
- Saisonaler Wärmespeicher (Aquifer-Speicher oder Erdsondenspeicher)
- Priorität 2: Spitzenlast- / Redundanz-Versorgung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizkessels mit 3,5 MW (Versorgung mit Holzhackschnitzeln aus dem Gemeindegebiet) oder alternativ einer zentralen Wärmepumpe

Wärmeverteilsystem

- Hochtemperiertes Wärmenetz mit max. 80°C, Länge insgesamt ca. 2 km
- Einsatz von gedämmtem Stahlrohr-Rohrsystem, oder wenn möglich, preiswerten PE-Rohren
- Dimensionierung zwischen DN 40 und DN 250 je nach Leistungsdichte

Seite **96** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Aufsummie	Aufsummierte Heizlasten in den Trassenabschnitten, Kosten in Krina											
Nr.	Heizlast nach Quote	Heizlast max. bei 100%	Länge	Kosten pro Meter	Kosten bei 100% Anschluss							
	[kW]	[kW]	[m]	[€/m]	[€]							
1	2.733	5.321	311	46.650	77.750							
1.1	2.733	5.321	156	23.400	39.000							
1.1.1	2.507	5.006	259	38.850	64.750							
1.1.1.1	2.094	4.188	78	11.700	15.600							
1.1.1.2	284	559	224	14.560	17.920							
1.1.1.2.1	134	258	222	11.100	14.430							
1.1.1.1.1	232	463	24	1.560	1.560							
1.1.1.1.1.2	88	176	78	3.120	3.900							
1.1.1.1.1.1	144	288	138	6.900	8.970							
1.1.1.1.2	1.862	3.724	104	15.600	15.600							
1.1.1.1.2.1	311	621	256	16.640	20.480							
Summe			1.850		279.960							

Tabelle 40 | Leitungsabschnitte, Leistungen und Kosten bei 100% Anschluss in Krina

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte mit der Annahme einer 100%igen Anschlussquote.

Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Netzabschnitte richtet sich nach der Anschlussquote pro Abschnitt. Mit der angewendeten Methodik einer gebäudegenauen Erfassung, kann somit mit Kenntnis der genauen Anschlussquoten pro Netzabschnitt die Wirtschaftlichkeit von Netzabschnitten bewertet werden.

Wärmeübergabe an die Gebäude

Die Übergabe vom Wärmenetz an die Gebäude erfolgt mittels Wärme-Übergabestationen an das Heizungsnetz und TWW-Bereitung. Die Kosten für die Wärmeübergabestationen wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dem Wärmenetz zugeordnet.

Die Gebäudebesitzer selbst tauschen in diesem Fall die auf fossilen Energieträgern arbeitenden Heizungsanlagen gegen die Hausanschluss- und Wärmeübergabestationen aus. Für eine komplett treibhausgasneutrale Versorgung sollte zusätzlich entweder Netzstrom aus erneuerbaren Energien bezogen oder der Strom mit eigenen PV-Anlagen erzeugt werden.

8.4.3 Zeitliche Verläufe der Speicherbewirtschaftung / Simulation

Zur Dimensionierung einer Solarthermie-Anlagengröße für Variante 2, werden folgende Zielstellungen gesetzt:

- Deckung des Wärmebedarfs zur Trinkwasserbereitung im Sommer
- Betrachtung von Variante 2 mit Spitzenlast-Holzkessel

Mit dieser Voraussetzung wurde für die Bruttogesamtfläche der Solarthermieanlage eine Größe von 1600 m² gewählt. In Kombination mit einem Speicher von 100 m³ Volumen kann die Last in den Monaten Juli und August vollständig aus der Solarthermieanlage gedeckt werden. Zur Verdeutlichung des simulierten Anlagenbetriebs sind die Speichertemperaturen in Abbildung 47 dargestellt. Im Sommer fällt die Heizlast (rote Kurve) nur noch punktuell ins Gewicht und der Energiebedarf der Gemeinde wird meist durch den Trinkwarmwasserbedarf (blaue Kurve, unten) definiert. Für die Heiztage zwischen Juni und August, ist es notwendig einen Pufferspeicher zu betreiben. Die Simulation zeigt, dass die Temperaturen im Speicher an den Heiztagen in dieser Zeit nur kurzzeitig unter 30°C fallen. Damit ist eine Deckung des Heizwärmebedarfs gegeben.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **97** von **118**



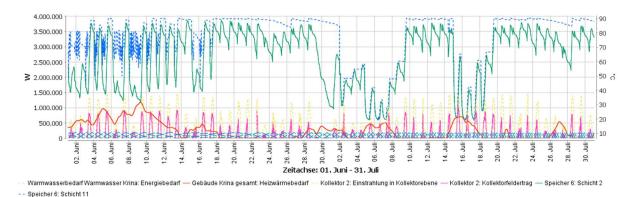


Abbildung 47 | Simulationsergebnisse Pufferspeicher, Verlauf Juni - Juli. Betriebspause des Spitzenlastkessels von Juli bis August. Darstellung der Speichertemperaturen im Solarthermie-Speicher (Schicht – obere Schicht, Schicht 2 – untere Schicht)

Um den Betrieb der Anlagen aus Variante 1 und Variante 2 zu vergleichen, ist die verbrauchte Holzhackschnitzelmenge simuliert worden (Abbildung 48).

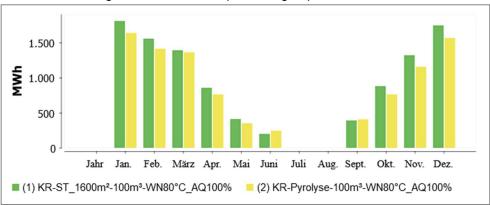


Abbildung 48 | Variantenvergleich bzgl. des Verbrauches an Holzhackschnitzel von Variante 1 (gelb) mit Pyrolyse-Anlage ohne Solarthermie, Variante 2 (grün) ohne Pyrolyse-Anlage mit Solarthermie-Anlage

Es ist ersichtlich, dass die Variante 2 mit Solarthermie im Verglich zur Variante 1 mit Pyrolyse-Anlage einen leicht höheren Hackschnitzelverbrauch aufweist. Somit werden in Variante 1 über das Jahr 9.297 MWh Hackschnitzel benötigt und in Variante 2 ist der Bedarf mit 10.157 MWh um knapp 1.000 MWh höher als in der Variante mit Pyrolyse-Anlage. Die Pyrolyse-Anlage liefert gleichmäßig, auch innerhalb der Heizperiode, Abwärme. Die Solarthermie-Anlage bringt insbesondere im Winterhalbjahr weniger Ertrag, weswegen hier mehr Wärme vom Holzhackschnitzel-Kessel abgefordert wird.

8.4.4 Quantifizierung der Emissionsreduktion

Bei der Berechnung der Reduzierung der CO₂-Emissionen wurde vom IST-Stand im Wärmeverbrauch ausgegangen und auf der Basis von Erdgas als Wärmeträger gerechnet. Der Stromverbrauch für Heizkreispumpen oder Erdgasbrenner wurde dabei nicht eingerechnet. Bei den CO₂-Emissionen im Sollzustand sind der elektrische Energiebedarf für Pumpen und für die zu verbrennende Biomasse enthalten.

Seite 98 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	CO ₂ - Emissionen IST-Stand (bei 100% Anschluss)	elektischer Energiebedarf Netz-Pumpen und Kessel	Energiebedarf Biomasse	CO2- Emissionen Biomasse	_	Summe CO2- Emmissionen Soll-Stand	Reduzierun g CO ₂ - Emissionen
		[MWh/a]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
BK3	Krina	10.626	2.136	734	10.157	274	269	543	1.593

Tabelle 41 | Berechnungsergebnis CO₂-Bilanz IST und nach Umsetzung der Maßnahmen für Bilanzkreis 3 im Soll-Stand, ohne Einrechnung von PV-Anlagen

Die CO₂-Bilanz sollte über die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) verbessert werden.

8.4.5 Ableitung Optimierungsmaßnahmen

Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert zuerst die Klärung folgender Hauptpunkte:

- Besprechungen mit Forstwirtschaftsbetrieb Sedlmayer über Möglichkeiten der Versorgung der Pyrolyse-Anlage und wer übernimmt den Betrieb der Pyrolyse-Anlage sowie der Versorgung mit Holzhackschnitzeln über langfristige Lieferverträge
- 2. Positive Genehmigungen zur Errichtung der Pyrolyse-Anlage
- 3. Nach Klärung von 1. und 2. Entscheidungen zur Netztemperatur und ggf. Variante
- 4. Sicherung gemeindeeigener Flächen für Pyrolyse-Anlage und / oder Solarthermie-Anlagen
- 5. Ermittlung der Anschlussquote → Informationsveranstaltung(en) mit den Bürgern, Einsetzen einer kommunalen Beratungsstelle
- 6. Suche / Gründung einer Betreibergesellschaft, die Planung und Errichtung übernehmen

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten hängt in hohem Maße von der Anschlussquote ab.

Bei 100%igem Anschluss der Gebäude entsprechend Abbildung 44 wurden die Betriebskosten berechnet. Die Investitionskosten für das Wärmenetz und die Hausanschlüsse können mit bis zu 40% über das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (Einführung ab September 2022 geplant) bezuschusst werden. Zusätzlich zur Förderung der Investitionen gibt es Zuschüsse auf die Betriebskosten der Anlage mit

- 0,02 €/kWh für die Nutzung von Wärmeenergie aus Solarthermie-Anlagen*
- 0,03 €/kWh für die Nutzung von Abwärme*

Mit Einrechnung der Förderzuschüsse ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren folgende Ergebnisse für den Wärmepreis der gelieferten Kilowattstunde (Berechnung inkl. Wärmeübergabestation) für die Variante mit Abwärmenutzung aus der Pyrolyse-Anlage inkl. Gewinnspanne für den Betreiber:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **99** von **118**

^{*}Nach aktuellem Entwurfsstand des BEW für die ersten 10 Jahre des Netzbetriebs



Berechnung Investitionskosten, Betrieb	skosten Wärmene	etz - mit Pyrol	yse-Abwärme
Variante 1 mit Abwärmenutzung Pyrolys	se-Anlage	-	Bemerkungen
Abwärmenutzung Pyrolyse-Anlage	15.000	€	
Pufferspeicher	180.000	€	100 m³
Wärmenetz	279.960	€	
Hausanschlüsse / Wärmeübergabest.	1.488.000	€	bei 100% Anschluss
Spitzenlast-Kessel	840.000	€	3,5 MW Leistung
Netzpumpen	773.986	€	
Gesamt-Investition	3.576.946	€	
Förderung 40%	1.430.779	€	laut BEW*
Gesamt-Investition abzl. Förderung	2.146.168	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	107.308	€	
Betriebskosten (jährlich)	498.079	€	
Abwärmekosten Pyrolyse-Anlage	105.000	€	0,035 €/kWh
Kosten Holzhackschnitzel	302.153	€	Basis: Simulation
Kosten pro Jahr	1.012.540	€/a	
Förderung Wärmepreis Umweltwärme	368.910	€/a	laut BEW*: 0,03 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	643.630	€/a	
erzeugte Jahresmenge	12.297	MWh	Pyrolyse + Kessel
Gestehungspreis pro kWh	0,0523	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,0723	€/kWh	

Tabelle 42 | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmenetz, Bilanzkreis 3, Krina – Variante 1

Die Variante mit Solarthermie-Freiflächen-Anlage zeigt in der Wirtschaftlichkeit folgende Ergebnisse:

Berechnung Investitionskosten, Betrieb	skosten Wärmene	etz mit Solarth	ermie
Variante 2 mit Solarthermie-Freifläche +	Pufferspeicher +	Kessel	Bemerkungen
Solarthermie-Anlage	720.000	€	
Pufferspeicher	180.000		
Wärmenetz	279.960	€	
Hausanschlüsse / Wärmeübergabest.	1.488.000	€	bei 100% Anschluss
Spitzenlast-Kessel	840.000	€	3,5 MW Leistung
Netzpumpen	773.986	€	
Gesamt-Investition	4.281.946	€	
Förderung 40%	1.712.779	€	laut BEW*
Gesamt-Investition abzl. Förderung	2.569.168	€	
Nutzungsdauer	20	Jahre	
jährliche Abschreibung	128.458	€	
Betriebskosten (jährlich)	514.460	€	
Kosten Holzhackschnitzel	330.103	€	Basis: Simulation
Kosten pro Jahr	973.020	€/a	
Förderung Wärmepreis Solarthermie	14.454	€/a	laut BEW*: 0,02 €/kWh
Kosten pro Jahr abzgl. Förderung	958.566	€/a	
erzeugte Jahresmenge	10.880	MWh	ST + Kessel
Gestehungspreis pro kWh	0,0881	€/kWh	
Gewinn Betreiber	0,0200	€/kWh	Annahme
Wärmekosten inkl. Gewinn	0,1081	€/kWh	

Tabelle 43 | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmenetz, Bilanzkreis 3, Krina – Variante 2

8.4.6 Vorschlag Ablauf- und Zeitplan

Der vorgeschlagene Ablauf- und Zeitplan steht prinzipiell gleichermaßen für alle drei Bilanzkreise und wurde pro Bilanzkreis angepasst. Der Zeitraum für die komplette Umsetzung wurde auf 5 Jahre avisiert. Hierbei sind evtl. Lieferengpässe nicht berücksichtigt. Bei einer konsequenten Leitung des Prozesses durch ein kommunales Organisationsteam kann dieser Zeitrahmen eingehalten werden. Wichtig sind eine frühzeitige Einbindung aller Akteure und eine permanente Kommunikation mit allen Beteiligten.

Seite **100** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Vorschlag Zeitplan für Maßnahmenumsetzung BK3 - Krina																									
Maßnahme	4/22	1/23	2/23	3/23	4/23	1/24	2/24	3/24	4/24	1/25	2/25	3/25	4/25	1/26	2/26	3/26	4/26	1/27	2/27	3/27	4/27	1/28	2/28	3/28	4/28
Gespräche mit Forstwirtschaft Sedlmeyer und Pyrolyse-Anlagen-Hersteller																									
Festlegung zur Lieferung der Abwärme aus Pyrolyse, Hackschnitzeln																									
Entscheidung Errichtung Pyrolyse-Anlage ja / nein, Standort, Betreiber																									
Entscheidung zur Art der Wärmenetze und Versorgung					Т																				
Genehmigungsplanung / Genehmigung Pyrolyse-Anlage, Lieferverträge				I		Ι																			
Bürger-Sprechstunde für Krina anbieten, Erweiterung Homepage																									
Bürgerversammlungen Vorstellung Ergebnisse Studie, Werbung für Anschluss, weitere Info-Veranstaltungen														•				•							
Kommunikation über die Fortschritte bei den Maßnahmen mit allen Akteuren über geeignete Medien																									
Gespräche mit Akteuren (Forstwirtschaft, Vermieter, EVU), Festlegung Abwärmemengen, Liefermengen, Zeiträume																									
Entscheidung Anschlussquote nach Rückmeldung der Bürger																									1
Errichtung Pyrolyse-Anlage, Probelauf																									i l
Entscheidung Größe Wärmenetz und Anschlussquote							l																		
Betreibergesellschaft für Wärmenetz suchen, gründen									_																i l
Gemeindeeigene Fläche prüfen und sichem (sofern notwendig)																									
Fördermittelcheck / Fördermittelbeantragung (BEW/KomRL)								-																	i l
Ausschreibung Entwurfs- und Genehmigungsplanung																									
Durchführung Entwurfs- und Genehmigungsplanung (LP3-4)																									i l
Ausschreibung Ausführungsplanung bis Objektbetreuung (LP5-9)											l														
Durchführung HOAI LP 5-9														I											
Ausschreibung Bau Wärmenetz, Errichtung Zentralen, Anlagentechnik																									
Bauarbeiten und Maßnahmenumsetzung																									i l
Fördermittelbeantragung Anschlusswillige																									
Austausch Heizungsanlagen in Gebäuden, Hausanschlüsse je nach Baufortschritt																									
Einweihung, Öffentlichkeitsinformation																									
Abrechnung Fördermittel																									

Tabelle 44 | Vorschlag Zeitplan für Bilanzkreis 3, Krina

9 Zusammenfassende Betrachtung

9.1 Allgemeine Zusammenfassung

Die Gemeinde Muldestausee verfügt in den drei Bilanzkreisen über Abwärmepotenziale vorrangig aus den Biogasanlagen. Im Vorfeld einer ohnehin anstehenden kommunalen Wärmeplanung (Gesetzeslage wahrscheinlich ab Herbst 2023) müssen Gespräche mit den Betreibern der Biogasanlagen über eine mögliche Erhöhung der Abwärmeauskopplung und / oder über Möglichkeiten einer Bio-Methan-Nutzung geführt werden.

Weitere Abwärmepotenziale sind das Rechenzentrum in Muldenstein und eine potenzielle Pyrolyse-Anlage in Krina. Zur Ergänzung der vorhandenen Abwärmepotenziale wurden weitere regionale Potenziale wie die Nutzung von kommunalem und privatem Grünschnitt, Reststoffen aus der Landwirtschaft sowie Umweltwärme aus dem Tagebau-Restloch in Muldenstein oder Seewasserwärme (siehe Berechnungen in Kapitel 6) eingesetzt. In den Berechnungen und Simulationen wurden ergänzend aktive Wärmeerzeuger, wie Solarthermie-Anlagen und Spitzenlast-Kesselanlagen mit Holzhackschnitzeln als Energieträger (Energieholznutzung) eingesetzt.

Die komplette Übersicht, über die Bilanzen zwischen Abwärme- und Umweltwärme-Angeboten und Wärmeverbrauch innerhalb der drei Bilanzkreise ermöglicht folgende Tabelle:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **101** von **118**



Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	Wärmebedarf nach Anschluss- quote	Heizlast 100% Anschluss	Heizlast nach Anschluss- quote	TWW-Last 100% Anschluss	TWW-Last nach Anschluss- quote	gesamte Wärme- Potenziale		e Ertrag bei chlussquote	Leistung Abwärm Pyro	
		[MWh/a]	[MWh/a]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[MWh/a] (Gesamt)	[MWh/a]	[MWh/a]	[MW]	[MW] (Sommer)
									ST- Sommer	ST-Winter	Abwärme- Sommer	Abwärme- Winter
BK1	Muldenstein-Nord	13.831	7.841	6.585	4.077	0	0	0	3.269	733	0,00	0
BK1	Muldenstein-Süd	588	409	334	245	0	0	19.065	0	0	2,13	2,13
BK1 G	esamt	14.418	8.251	6.919	4.321	128	91	19.065	3.269	733	2,13	2,13
DICO	0.11.7	7.007	1011	0.745	0.500	20	47	10.570	0.400	000	0.00	0.40
	Schlaitz	7.627	4.841	3.715	2.569	60	47	10.570	3.492	839	0,30	0,10
	Gossa	9.733	5.878	4.870	2.943	78	48	17.371			0,39	0,00
_	Schmerz	3.690	2.214	1.845	1.107				3.586			
BK2	Plodda	5.980	3.342	2.785	1.671	48	29	6.492	413	140	0,00	0
BK2 G	esamt	27.029	16.275	13.215	8.290	186	123	34.433	7.491	1.861	0,69	0,10
вкз	Krina	10.626	5.456	5.321	2.733	58	30	13.020	538	185	0,40	0,40
Gesan	nt BK	52.073	29.981	25.454	15.345	373	243	66.517	11.298	2.779	3,22	2,63

Tabelle 45 | Gesamt-Übersicht Bilanzierung aller in der Studie entwickelten und bereits vorhandenen Wärmequellen und Wärmesenken

D.h., in den betrachteten Gemeinden besteht ein Wärmepotenzial aus Erneuerbaren Energien von 66,52 GWh bei einem Wärmebedarf von 52,07 GWh für den Fall, dass alle Abnehmer der Gemeinden an Wärmenetzen angebunden sind, bzw. 29,98 GWh bei einer gewichteten Anschlussquote von ca. 60 %.

Die Abwärme kann dabei am effizientesten genutzt werden, wenn kalte, bzw. wechselwarme Nahwärmenetze zur Versorgung der anliegenden Orte eingesetzt werden. Je nach Abwärme- und Umweltwärmeangebot unterscheiden sich die Netze in Netztemperatur und Spitzenlastabdeckung. Im Rahmen der Potenzialstudie wurden insgesamt 5 kommunale Nahwärmenetze für die Orte Muldenstein, Schlaitz, Gossa und Schmerz, Plodda und Krina entwickelt, den Abwärmepotenzialen zugeordnet und berechnet.

Je nach den Abwärme-, Umweltwärmeangeboten vor Ort und weiteren regional verfügbaren nachhaltigen Energieträgern zur Spitzenlastabdeckung liegen die Nahwärmenetze bei 10 – 80 °C Netztemperatur. Zur Spitzenlastabdeckung wurden Biomasse-Heizanlagen auf Basis von Holzhackschnitzeln, die aus dem Waldbereich der Gemeinde beschafft werden, eingesetzt. Grundsätzlich ist aber eine stoffliche Nutzung der Holzressourcen zur dauerhaften Speicherung des Kohlendioxids (CO₂) zu bevorzugen, siehe auch Kapitel 8.2.2.2. Sind die Mengen an regional verfügbaren Holzhackschnitzeln zur Spitzenlastabdeckung zu gering oder aufgrund Nutzung als Industrieholz nicht längerfristig verfügbar, dann sind in den Wärmenetzen zur Spitzenlastabdeckung zentrale (Hochleistungs-)Wärmepumpen einzusetzen.

Aus der Bilanz wurden die technischen Kriterien für kommunale Nahwärmenetze entwickelt und anschließend simuliert. Die nachfolgende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick über die einzelnen Bilanzkreise und die jeweils erzielbaren Wärmepreise. Die Wärmekosten bilden sich hierbei aus den Gestehungskosten (Investition abzgl. Förderung zzgl. Betriebskosten) und einem Gewinnaufschlag von max. 0,02€/ kWh.

Seite **102** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Koste	nvergleich der Wär	menetze (Wär	mekosten)	bei 100%	
	Wärmenetz	Netztemp	oeraturen	Wärmekosten	Bemerkungen
		VL	RL	inkl. Gewinn	zur Anlagentechnik
		[°C]	[°C]	[€/kWh]	
BK1	Muldenstein, Var. 1	50	40	0,072	RZ+ST+Aquifer+Spitzenlast
BK1	Muldenstein, Var. 2	15-50	10-40	0,089	See+Restloch+ST+Aquifer+Spitzenlast
BK2	Schlaitz	15-50	10-40	0,119	BGA+ST+Aquifer+Spitzenlast
BK2	Gossa, Schmerz	15-50	10-40	0,114	BGA+ST+Aquifer+Spitzenlast
BK2	Plodda	80	60	0,045	ST+Puffer+Spitzenlast
BK3	Krina, Var. 1	80 60		0,072	Pyrolyse+Puffer+Spitzenlast
BK3	Krina, Var. 2	80	60	0,108	ST+Puffer+Spitzenlast

Tabelle 46 | Übersicht über entwickelte Nahwärmenetze und Varianten der Übergabe an Gebäude – ggf. aktualisieren

Zur Entkopplung zwischen Abwärmeangebot und Wärmebedarf in den Gebäuden und Quartieren wurden in die Simulation saisonale Speicher, in Form von Aquiferspeichern einbezogen, die den nutzbaren Anteil der Abwärme und zusätzlich erzeugte Wärmeenergie über Solarthermie-Anlagen wesentlich erhöhen.

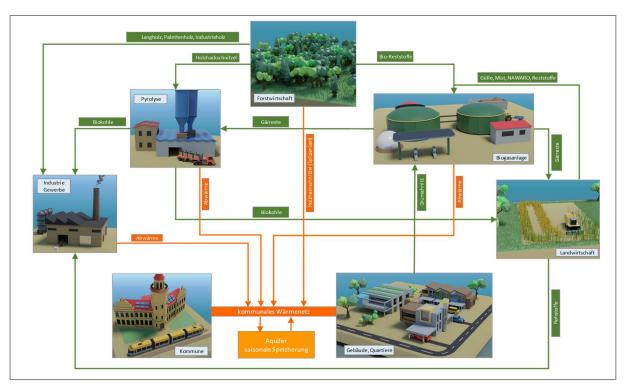


Abbildung 49 | Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit kommunaler Kreislaufwirtschaft

Für das "Ausrollen" einer kommunalen Wärmeplanung für die gesamte Gemeinde gilt eine entsprechende Herangehensweise. Zuerst erfolgt eine Analyse der regional verfügbaren Ab- und Umweltwärmepotenziale, um anschließend die Bilanz zu den Wärmesenken zu erstellen. So stellt beispielsweise die Biogasanlage in Schwemsal ein weiteres Abwärmepotenzial dar und könnte zur Wärme- oder/und Biomethanversorgung von Schwemsal beitragen.

Generell sind leitungsgeführte Nahwärmeversorgungen aufgrund der hohen Effizienz einer dezentralen Versorgung zu bevorzugen, regionale Anbieter zu nutzen, um kurze Transportwege zu erreichen. Der

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 103 von 118



effiziente Einsatz von Nahwärmekonzepten, ist dabei mit Anlagensimulationen und anschließender Wirtschaftlichkeitsberechnung zu überprüfen.

9.2 Auswirkung der Anschlussquote

Die erreichbare Anschlussquote der Gebäude an die vorgesehenen Wärmenetze beeinflusst den Wärmepreis in Abhängigkeit der erforderlichen Realisierungs-Aufwendungen. Die nachfolgende Grafik stellt am Beispiel BK1 Muldestein diese Abhängigkeit dar.

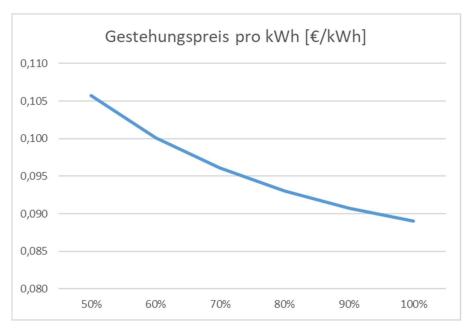


Abbildung 50 Abhängigkeit Wärmepreis von Anschlussquote

D.h., bei Erhöhung der Anschlussquote von 50% auf 100% sinkt der Wärmepreis von ca. 0,11 €/ kWh auf ca. 0,089 €/ kWh Wärme. Das ist im gesamten dargestellten Spektrum deutlich unter dem derzeitigen Gaspreis (ca. 0,20 €/ kWh inkl. Gasumlage). Die allgemeine Preisentwicklung bei Fernwärme in Deutschland lässt nach aktuellen Erhebungen einen Arbeitspreis von >0,17 €/ kWh zzgl. Grundpreis erwarten. Der hohe Anteil Erneuerbarer Energien aus regionalen Quellen in den geplanten Wärmenetzen macht den ermittelten Wärmepreis in hohem Maß unabhängig von die allgemeinte Energiepreis-Entwicklungen am Markt.

Die dargestellte Abhängigkeit ist für jeden Bilanzkreis zu konkretisieren. In Verbindung mit den ermittelten Wärmenetzen referenziert der sinkende Wärmepreis bei steigender Anschlussquote auch auf eine steigende Autarkie in der Wärmeversorgung. Die Konsequenz ist eine steigende Unabhängigkeit von Preisentwicklungen am Markt und eine Langzeitstabilität bei Preisangeboten für die Nutzer. Damit besteht eine unmittelbare Vorlage für beginnende Diskussionen in der Kommune mit den beteiligten Akteuren und Nutzern. Hierzu wird unter nachfolgendem Kapitel "Akteursbeteiligung" weiterführend eingegangen.

Seite **104** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



9.3 CO₂-Emissionsbilanz

Die CO₂-Emissionsbilanz nach der Umsetzung sieht für alle Wärmenetze und in Summe wie folgt aus:

Bilanz- kreis	Ort	Wärme- bedarf 100% Anschluss	CO ₂ - Emissionen IST-Stand (bei 100% Anschluss)	elektischer Energiebedarf Wärmepumpen und Pumpen zentral / dezentral	Energiebedarf Biomasse	CO2- Emissionen Biomasse	CO ₂ - Emissionen Strombedarf	Summe CO2- Emmissionen Soll-Stand	g CO ₂ - Emissionen
		[MWh/a]	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
BK1	Muldenstein	14.418	2.898	6.968	2.597	70	2.550	2.621	278
BK2	Schlaitz	7.627	1.533	1.822	685	18	667	685	848
BK2	Gossa	9.733	2.698	3.636	3.070	83	1.331	1,414	1.284
BK2	Schmerz	3.690	2.090	3.030	3.070	83	1.551	1.414	1.204
BK2	Plodda	5.980	1.202	395	5.939	160	144	305	897
BK2 G	esamt	27.029	5.433	5.853	9.694	262	2.142	2.404	3.029
BK3	3 Krina 10.626 2.136		734	10.157	274	269	543	1.593	
Gesan	nt BK	52.073	10.467	13.555	22.448	606	4.961	5.567	4.899

Tabelle 47 | CO₂-Bilanz in Summe über alle Bilanzkreise

D.h., bei Anschluss von 100% der bilanzierten Gebäude senkt sich die CO₂-Emission um 47% von 10.467 t_{CO2}/Jahr auf 5.567 t_{CO2}/Jahr. Die nachfolgende Grafik zeigt die Auswirkungen auf den aus dem Klimaschutzgesetz abgeleiteten Absenkpfad für THG-Emissionen.

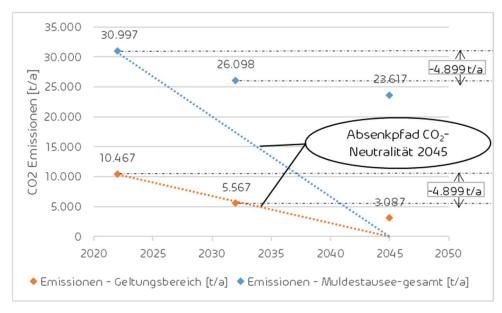


Abbildung 51 Absenkpfad für CO₂-Emissionen

Die Grafik zeigt, dass bei Umsetzung der Wärmenetze in den betrachteten Gemeinden der Absenkpfad für die kommenden 10 Jahre eingehalten wird. Für die Kommune insgesamt kann der Absenkpfad durch die Maßnahmen in den 3 Bilanzkreisen nicht erfüllt werden. Für das Erreichen des Absenkpfades für die Kommune und bis 2045 sind weitere Transformationsschritte umzusetzen, zu denen die vorliegende Studie die Strategie und Berechnungsgrundlage liefert.

Mit der Errichtung von PV-Anlagen auf Dächern und auf Freiflächen, ggf. auch Aqua-PV, kann der Stromverbrauch aus dem öffentlichen Netz kompensiert und damit Treibhausgasneutralität erreicht werden.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 105 von 118



10 Akteursbeteiligung

Zur raschen Nutzbarmachung der Abwärmepotenziale und zugleich als Grundlage für die kommunale Wärmewende, sollten die Ergebnisse der Potenzialstudie und die vorgeschlagenen Maßnahmen zeitnah umgesetzt werden. Dazu ist von Anbeginn eine Beteiligung aller Akteure notwendig, damit die Umsetzung von allen Beteiligten mitgetragen werden kann. Folgende Akteure sind dabei einzubeziehen:

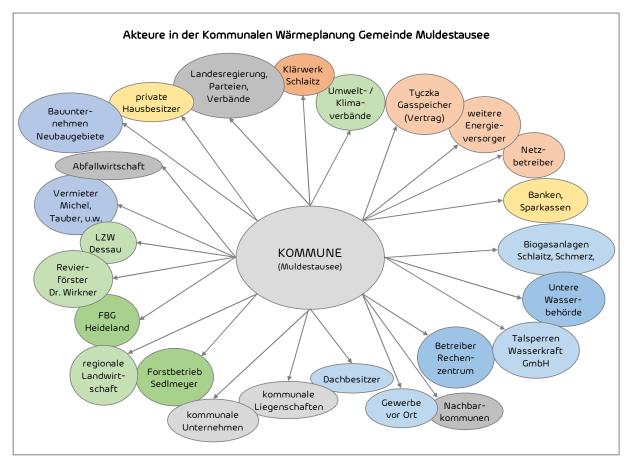


Abbildung 52 | Akteursbeteiligung in der Gemeinde Muldestausee (erweiterbar)

Einige aktuelle Themen im Rahmen der Akteursbeteiligung mit Empfehlung zur sofortigen Klärung:

Errichtung Rechenzentrum in Muldenstein:

 Nachfrage und Prioritätensetzung für die Errichtung des RZ in Muldenstein beim Landratsamt mit Argumentation der Abwärmenutzung im kommunalen Bereich

Kommunaler Grünschnitt:

- Grünschnitt fällt in der Kommune an → jährliche Entsorgungskosten ca. 25.000 €/a
- Bürger entsorgen Grünschnitt zum Teil illegal im Wald
- Lösungsweg: für ausgeglichene Substratmischung in den Biogasanlagen wird gern mehr Biomasse außerhalb von NAWAROs (Nachwachsende Rohstoffe) genutzt
- Fazit: Annahmestellen für von Biomasse in den Kommunen schaffen und den Biogasanlagen zur Verfügung stellen → löst Probleme von Kommune, BGA-Betreiber & Bürger

Seite **106** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Weiterentwicklung der Biogasanlagen:

- Die BGA Schlaitz geht 2027 aus der EEG-Grundförderung → nachfolgendes Geschäftsmodell besprechen
- Abwärmenutzung / Bio-Methan aus den Biogasanlagen → Besprechung der mittel- und langfristigen Möglichkeiten für eine kommunale Wärmeversorgung

Sicherung der Standorte für Erzeugungsanlagen:

- Gemeindeintern: Für die Errichtung von Solarthermie-Anlagen sind beizeiten die Flächen zu sichern
- Pyrolyse: Sicherung der Flächen, bzw. Gespräche mit Fortwirtschaftsbetrieb Sedlmeyer zwecks Fläche und Liefervereinbarungen, Gespräche mit Hersteller Pyrolyse-Anlagen zwecks Betreiber-Geschäftsmodellen und Investitionen

Einbeziehung der Einwohner, Vorstellung der Ziele einer kommunalen Wärmewende

- Im Rahmen vor Ortsversammlungen die Ergebnisse der Potenzialstudie vorstellen, nächste Schritte aufzeigen
- Einwohner hinsichtlich potenziellem Anschluss befragen
- Bürger-Informationsstelle einrichten, wo Fragen geklärt werden können
- Einbeziehung der Einwohner in die weitere Kommunikation über den Ablauf, die Maßnahmen und die Ergebnisse

11 Weitere Vorschläge und Hinweise für Wärmewendestrategie

Für die Planung einer kommunalen Wärmewende sind folgende rechtliche Grundlagen zu berücksichtigen, bzw. rechtlich an die neuen Klimaschutzziele und damit einhergehenden kommunalen Ziele anzupassen.

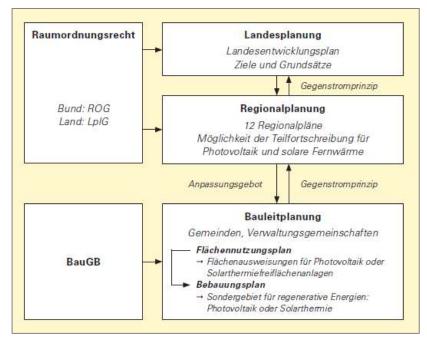


Abbildung 53 | Rechtliche Grundlagen mit Berührung zur KWP, Quelle: [16] (ROG = Raumordnungsgesetz, LpIG = Landesplanungsgesetz, BauGB = Baugesetzbuch)

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 107 von 118



Der Gemeinde obliegt es dabei in Eigenregie, Bauordnung bzw. im Flächennutzungsplan anzupassen bzw. zu erweitern um neue, zielführende Anforderungen an Neubau und Komplettsanierungen einzufordern. Alle Neubauten und Komplettsanierungen sollten nur bei einer THG-neutralen Gebäude-Versorgung genehmigt werden dürfen. Beschlussfassung im Gemeinderat ab 2023. Weitere Hinweise sind in Quelle [16] zu finden.

Das gilt auch für alle weiteren im Gemeindegebiet zu realisierenden Bauprojekte, beispielsweise auch für das geplante 2-Seencamp in Dreyhausen der Firma Blausee GmbH, die ohnehin in der vorliegenden Projektskizze erklärte, dass das Camp ein Alleinstellungsmerkmal in Sachen Naturschutz sein wird. Der Betreiber und Errichter will dabei Holzbauweise, PV-Eigenstromversorgung, Brunnenwassernutzung, eigene Abwasserreinigung über Pflanzenkläranlage und Wärmeversorgung aus Abwärme und Holz in Verbindung mit Wärmepumpen realisieren [29].

Erarbeitung von Steckbriefen für abgegrenzte Teilbereich-Quartiere:

- Aussagen zu prioritären Maßnahmen
- Mögliche Alternativen
- Mögliche CO₂-Einsparungen
- Notwendige nächste Schritte

Seite **108** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Beispiel:

Maßnahmenempfehlung kommunale Wämeplanung

Priorität: A

Empfehlung 1



Kategorie: Kalte Wärmenetze

Erstellt am: 01.07.2020

Gebiets-ID:

1

CO2-Emissionen Status Quo:

396,38 t/a

Maßnahme a):

Nutzung industrieller Abwärme

CO2-Emissionen Einsparung:

275,39 t/a

Beschreibung:

Zwei vorhanden Unternehmen zur Nutzung von industrieller Abwärme und Installation eines kalten

Nahwärmenetzes. Vorhandene

Die Abbildung 8 stellt ein Beispiel Steckbrief für ein Teilgebiet dar und enthält di
Maßnahmenempfehlung für kommunale Wärmeplanung.

- Metall und Anlagenbearbeitung ...
- Mineral- und Betonlabor ...

Nächster Schritt:

- Abfrage an Unternehmen nach Wärmeträger, Wärmeleistung, Wärmemenge, Abnehmer, Auskopplungsaufwand, Verfügbarkeit, Temperaturniveau
- Wenn Abwärme verfügbar Kontakt zu potenziellem Wärmenetzbetreiber herstellen und über Maßnahme informieren

Andere Möglichkeiten:

Maßnahme b) Versorgung dezentrale EE

CO2-Emissionen Einsparung:

176,95 t/a

Beschreibung:

Aufgrund der geringen Bebauungsdichte kann die Versorgung der Gebäude mit dezentralen Wärmepumpen erfolgen. Da es sich um ein Wasser-/Heilquellenschutzgebiet handelt wird die Verwendung von Erdwärmepumpen empfohlen.

Abbildung 54 | Beispiel für Steckbrief zur Maßnahmenempfehlung | Quelle: UBA-Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 109 von 118



12 Bedeutung der regionalen Kreislaufwirtschaft

Pro Kopf zahlt jeder Einwohner der Kommune im Bundesdurchschnitt jährlich ca. 1.500 € für Energie, nach aktuellen Entwicklungen vervielfachen sich diese Aufwendungen. Regionale Kreislaufwirtschaft stellt die Frage, wieviel dieser Aufwendungen können als Wertschöpfung durch Beteiligung regionaler Akteure in der Kommune gehalten werden?

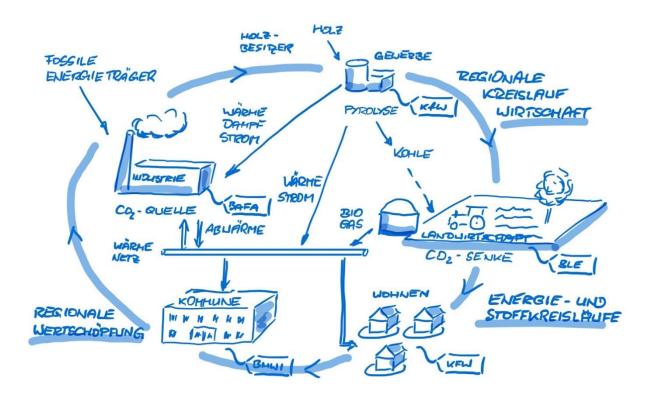


Abbildung 55: Kreislaufwirtschaft / BCC-ENERGIE

Das Zusammenspiel der Kommune, der Industrie und des Gewerbes, der Land-, Forst- und Entsorgungswirtschaft unter Einbeziehen der Interessen der Bürger*innen eröffnen hierfür Lösungsräume, in denen durch den überwiegenden Einsatz Erneuerbarer Energien aus der Region nicht nur die Wertschöpfung in der Kommune bleibt, sondern auch die Autarkie im Energieeinsatz und damit die Unabhängigkeit von Energiepreisentwicklungen am freien Markt entscheidend erhöht wird.

Energie wird für die Kommune damit zum Standortvorteil, der Einsatz Erneuerbarer Energien zur Grundlage für das Einwerben von Fördermöglichkeiten bei Neubau und Sanierung von Gebäuden, bei Modernisierung und Erweiterung von gewerblichen Standorten, der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren bei den Unternehmen in der Kommune.

Die Kommune selbst wird zum Energiemanager der Zukunft!

Seite **110** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



13 VERZEICHNISSE

13.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Gemeindegebiet Muldenstausee mit Kennzeichnung der Ortsteile	6
Abbildung 2 Bilanzkreise (BK) der Potenzialstudie [3]	9
Abbildung 3 Drei Phasen der Kommunalen Wärmeplanung, [6]	
Abbildung 4 Beispielhafte Darstellung der Eneka-Software mit Daten zur Wärmeverso	
ausgewählter Gebäude im "Wohngebiet Kleiststraße"	-
Abbildung 5 Vergleich konventionelles Heißwassernetz und kaltes Wärmenetz, Quelle: [8]	
Abbildung 6 Schema saisonale Aquiferspeicherung [9]	
Abbildung 7 Stark vereinfachtes schematisches geologisches Leitprofil für die 'Innovationsi	
Mitteldeutschland' mit Clusterung der für eine Wärmespeicherung relevanten Aquifere, Quelle: [9	-
Abbildung 8 Verbreitungsgebiet der zusammengefassten Grundwasserleiterkomplexe (Quartä	-
Tertiär) im Innovationsgebiet nach Quelle: [10]	
Abbildung 9 Lageplan Ort Muldenstein mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken	
Abbildung 10 Teilprozesse einer Seethermie-Anlage mit beispielhaften Temperaturniveau	
Vergleich zu herkömmlichen Anlagen mit hochtemperierten FW-Netzen, Quelle: [15]	
Abbildung 11 Schema Energiesystem mit Zwischenkreislauf, Quelle: [15]	
Abbildung 12 Beispielhafte Einbindung einer Solarthermieanlage in ein Wärmenetzsystem, Quelle	
Abbildung 13 Beispiel für ein Kollektorfeld mit Flachkollektoren [19]	
Abbildung 14 Darstellung geplante Nahwärme-Netzstruktur mit Quartierszuordnung, Lag	
Wärmequellen und Solarthermie-Freiflächen im Bilanzkreis 1	
Abbildung 15 Nahwärmenetz Muldenstein, nördlicher Bereich (Grobplanung)	
Abbildung 16 Nahwärmenetz Muldenstein, südlicher Bereich (Grobplanung)	30
Abbildung 17 Beispiel Heißwasser-Direktkühlung, Quelle: [20]	31
Abbildung 18 Darstellung des südlichen Netzabschnittes mit der Wärmequelle des Res	tloch-
Abwassers und den Abnehmern Herrenhaus und Wohngebieten an der Papierfabrik un	d am
Muldebogen	34
Abbildung 19 Wirkungsweise Vakuum-Flüssigeis-Technologie mit beispielhaften Temperature	n und
Leistungsdaten	35
Abbildung 20 Örtliche Darstellung der Station zur Nutzung der Umweltwärme	36
Abbildung 21 Verbreitung quartärer GWLK C / 1.8 (graue Flächen linkes Bild) und GWLK B / 1.5 (graue
Flächen rechtes Bild in Muldenstein, Muldenstein liegt im rot markierten Bereich	
Abbildung 22 Potenzielle Aquifere im Raum Bitterfeld mit Einkreisung Gemeinde Muldestausee C	uelle:
[11]	
Abbildung 23 Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Muldenstein (V1)	
Abbildung 24 Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Muldenstein (V	
Juni bis Juli Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere S	•
Abbildung 25 Lageplan des Ortes Schlaitz mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenke	
Abbildung 26 Lageplan der Orte Gossa und Schmerz mit Kennzeichnung Wärmequeller	
Wärmesenken	
Abbildung 27 Lageplan des Ortes Plodda mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken	
Abbildung 28 Biomethan als Energieträger, Quelle: [22]	
Abbildung 29 Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung im BK2 (Schlaitz teilwe	
Verbindung zwischen Krina und Schmerz fehlt noch	
Abbildung 30 Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung, Solarthermie-Fläche in Goss	
Schmerz, Orts-Gesamtansicht	bU



Abbildung 32 Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung, Solarthermie-Fre Schlaitz, Ortsgesamtansicht	ifläche ir
Abbildung 33 I Lage der GWI K C 1 & unter den Orten Schlaitz Gossa Blodda und Schme	
Fläche innerhalb Markierung in Rot)	
Abbildung 34 Lage GWLK B 1.5 unter den Orten Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz (gra	
innerhalb Markierung in Rot)	
Abbildung 35 Lage GWLK A 1.1 unter den Orten Schlaitz, Gossa, Plodda und Schmerz (gra	
innerhalb Markierung in Rot)	
Abbildung 36 Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Schlaitz	
Abbildung 37 Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Schlaitz von	
Juli Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht	
Abbildung 38 Hydraulikschaltbild für Versorgung Nahwärmenetz Gossa und Schmerz	
Abbildung 39 Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Gossa und	
von Juni bis Juli Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht	
Schicht	
Abbildung 40 Anlagenschema der Polysun-Simulation für Plodda	
Abbildung 41 Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im Solarthermie-Speicher in Plodda von J	
Solarthermiespeicher (ST-Speicher) Schicht 11: obere Schicht, Schicht 2: untere Schicht	
Abbildung 42 Lageplan Ort Krina mit Kennzeichnung Wärmequellen und Wärmesenken	
Abbildung 43 Gärreste aus beispielhafter Biogasanlage	
Abbildung 44 Einbezogene Quartiere und Gebäude, Netzverteilung und potenzielle Sol	
Freifläche in Krina, Gesamtansicht	
Abbildung 45 Anlagenschema der Polysun-Simulation für Krina, Variante mit Pyrolyse-Anla	-
Abbildung 46 Anlagenschema der Polysun-Simulation für Krina, Variante 2 mit Solarthern	_
Abbildon 47 Cinculation and biggs Duffers with a Made of Justice Database	
Abbildung 47 Simulationsergebnisse Pufferspeicher, Verlauf Juni - Juli. Betriebsp	
Spitzenlastkessels von Juli bis August. Darstellung der Speichertemperaturen im Solarthermie	
(Schicht – obere Schicht, Schicht 2 – untere Schicht)	90
Abbildung 48 Variantenvergleich bzgl. des Verbrauches an Holzhackschnitzel von Varianten vergleich bzgl. des Verbrauches an Holzhackschnitzel von Varianten vergleich bzgl.	
mit Dyrolyco Anlago ohno Solarthormio Varianto 7 (grun) ohno Dyrolyco Anlago mit Sol	e 1 (gelb)
mit Pyrolyse-Anlage ohne Solarthermie, Variante 2 (grün) ohne Pyrolyse-Anlage mit Sol	e 1 (gelb) arthermie-
Anlage	e 1 (gelb) arthermie- 98
AnlageAbbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit ko	te 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei
AnlageAbbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit ko Kreislaufwirtschaft	e 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei 103
AnlageAbbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit ko KreislaufwirtschaftAbbildung 50 Abhängigkeit Wärmepreis von Anschlussquote	e 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei 103
AnlageAbbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit ko KreislaufwirtschaftAbbildung 50 Abhängigkeit Wärmepreis von AnschlussquoteAbbildung 51 Absenkpfad für CO ₂ -Emissionen	e 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei 103 104
AnlageAbbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit ko KreislaufwirtschaftAbbildung 50 Abhängigkeit Wärmepreis von AnschlussquoteAbbildung 51 Absenkpfad für CO ₂ -EmissionenAbbildung 52 Akteursbeteiligung in der Gemeinde Muldestausee (erweiterbar)	e 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei 103 105
Anlage	e 1 (gelb) arthermie- 98 mmunalei 103 104 105 106
Anlage	e 1 (gelb) arthermie-
Anlage Abbildung 49 Wärmeversorgungskonzept Gemeinde Muldestausee mit kook Kreislaufwirtschaft Abbildung 50 Abhängigkeit Wärmepreis von Anschlussquote	e 1 (gelb) arthermie-
Anlage	e 1 (gelb) arthermie-
Anlage	e 1 (gelb) arthermie-
Anlage	e 1 (gelb) arthermie
Anlage	e 1 (gelb) arthermie

Seite **112** von **118** Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



Tabelle 4 I	Berechnung TWW-Bedarf nach Einwohnerzahl	23
Tabelle 5 I	Kalkulation Abwärmemenge Rechenzentrum	32
Tabelle 6 I	Berechnungsergebnisse Wärmenutzung aus Tagebau-Restloch	33
	Berechnungsergebnisse Umweltwärmenutzung aus Grünem See mittels Vakuum-Flüssiç	
Technologie	9	37
Tabelle 8 I	Berechnungen zur Solarthermie-Freiflächenanlage im BK1BK1	38
Tabelle 9 I	Ergebnisse Bilanz BK1 Muldenstein mit Abwärmequelle Rechenzentrum	41
	Liste der Leitungsabschnitte in Muldenstein mit Zuordnung der Heizlast, Länge, Quersc	
und Kosten		45
Tabelle 11	Berechnungsergebnis CO ₂ -Bilanz IST und SOLL-Stand für Bilanzkreis 1, ohne Einrechr	านng
von PV-Anla	agen	47
Tabelle 12	Wirtschaftlichkeitsberechnung Grundkonzept mit Abwärmenutzung aus Rechenzentru	m48
Tabelle 13	Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante mit Umweltwärmenutzung	48
Tabelle 14	Kostenschätzung der dezentralen Wärmepumpen der an das kommunale Wärme	netz
angeschlos	senen Gebäuden	49
Tabelle 15	Vorschlag Ablauf und Zeitplan Bilanzkreis 1, Muldenstein	50
Tabelle 16	Auszug aus Wärmeberechnung Ortsteil Schlaitz	54
Tabelle 17	Berechnung TWW-Last in Schlaitz, Gossa und Schmerz	55
Tabelle 18	Berechnung TWW-Last in Plodda	55
Tabelle 19	Zusammenfassung Wärmebedarf im Bilanzkreis 2	55
Tabelle 20	Berechnungsergebnisse zu verfügbarer Abwärme BGA Schlaitz	62
Tabelle 21	Abwärmepotenziale BGA Schmerz	63
Tabelle 22	Kalkulation Hackschnitzelmenge der FBG Heideland e.V.	64
Tabelle 23	Berechnungsergebnisse Solarthermie-Anlagen im BK2	65
Tabelle 24	Bilanz Wärmebedarf und Wärme-Quellen im Bilanzkreis 2	68
Tabelle 25	Liste der Leitungsabschnitte in Schlaitz mit Zuordnung der Heizlast, Länge, Querschnitt	und
Kosten		70
Tabelle 26	Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärmenetz Schlaitz	72
Tabelle 27	Liste der Leitungsabschnitte in Gossa und Schmerz mit Zuordnung der Heizlast, Lä	nge,
	und Kosten	
	Übersicht der Wärmenetz-Abschnitte, Längen und Kosten im Ort Plodda	
	Ermittlung Wärmepreis Plodda	
Tabelle 30	Berechnungsergebnis CO ₂ -Bilanz IST und SOLL-Stand für Bilanzkreis 2, ohne Einrechr	านng
	agen	
Tabelle 31	Vorschlag Zeitplan für Bilanzkreis 2, Orte Schlaitz, Gossa + Schmerz und Plodda	82
	Ergebnisse der Wärmeverbrauchs-Berechnungen Ort Krina	
	Berechnung TWW-Bedarf Ort Krina, BK3	
	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse zum Wärmebedarf in BK3	
	Berechnung potenzielle Abwärmeleistung und -menge mit Pyrolyse-Anlage	
	Berechnung Menge verfügbare Holzhackschnitzel	
	Berechnung potenziell verfügbare Energieholzmenge Gemeinde Muldestausee (abzüg	-
	r von FWB Sedlmeyer)	
	Ergebnisse Berechnung Solarthermie-Anlage	
	Bilanz Wärmebedarf und Wärme-Quellen im Bilanzkreis 3	
	Leitungsabschnitte, Leistungen und Kosten bei 100% Anschluss in Krina	
	Berechnungsergebnis CO ₂ -Bilanz IST und nach Umsetzung der Maßnahmen für Bilanzl	
	and, ohne Einrechnung von PV-Anlagen	
-	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmenetz, Bilanzkreis 3, Krina – Variante 1	
-	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmenetz, Bilanzkreis 3, Krina – Variante 2	
	Vorschlag Zeitplan für Bilanzkreis 3, Krina	
	Gesamt-Übersicht Bilanzierung aller in der Studie entwickelten und bereits vorhande	
Wärmeguel	len und Wärmesenken	102



Tabelle 46 Übersicht über entwickelte Nahwärmenetze und Varianten der Überga	abe an Gebäude -
ggf. aktualisieren	103
Tabelle 47 I CO₂ Bilanz in Summe über alle Bilanzkreise	105

14 Quellen / Links / Anlagen

14.1 Literaturverzeichnis

- [1] G. Muldestausee, "Integriertes Gemeindeentwicklungskonzept für die Gemeinde Muldestausee (IGEK Muldestausee)," 2018.
- [2] K. K. f. Wiederaufbau, "Merkblatt Energetische Stadtsanierung Zuschuss Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier," Oktober 2021. [Online]. [Zugriff am 08 Juni 2022].
- [3] A. M. Kerstin Kranich, "MULDESTAUSEE_Protokoll Auftakt_10.11.2021," Leipzig, 2021.
- [4] ENEKA . Energie & Karten GmbH, "eneka.de," 2021. [Online]. Available: https://eneka.de. [Zugriff am 8 12 2021].
- [5] "TABULA WebTool," TABULA / EPISCOPE im Auftrag der EU, November 2017. [Online]. Available: https://webtool.building-typology.eu/#bm. [Zugriff am Januar-Juni 2022].
- [6] M. Peters, T. Steidle und H. Böhnisch, "Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden," 2020.
- [7] D. Energie-Agentur, "Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand," dena, Berlin, 2019.
- [8] "bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.," 04 Juli 2022. [Online]. Available: https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/waermenetze-siedlung-und-quartiere/. [Zugriff am 04 Juli 2022].
- [9] e. Bernd Felgentreff, "aquistore Adaption von Technologien saisonaler geogener Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion," Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH, Leipzig, 2021.
- [10] e. Bernd Felgentreff, "aquistore Adaption von Technologien saisonaler geogener Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion, Atlas," Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH, Leipzig, 2021.
- [11] S. F. Dr. Kersten Roselt, "Potenzialbewertung zur Aquiferspeicherung, Objekt Ortsteile der Gemeinde Muldestausee," JENA GEOA Ingenieurbüro GmbH, Jena, 2022.
- [12] G. Muldestausee, "Projektskizze Strukturstärkungsgesetz (StStG) in Anhalt-Bitterfeld," Muldestausee, 11 / 2011.
- [13] S. D. D. F. S. P. K. C. Oltmanns J, "Potential for waste heat utilization of hot-water-cooled data centers: A case study.," *Energy Sci Eng.*, p. 8: 1793–1810, 2020.
- [14] U. (UBA), "Umweltbbundesamt.de," 14. März 2022. [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.de/print/78140. [Zugriff am 16. Juni 2022].
- [15] B. f. D. G. G. D. K. R. e. a. Stefan Böttger, "Seethermie Innovative Wärmeversorgung aus Tagebauresten," Jena Geos Ingenieurbüro GmbH, Jena, Dresden, Cottbus, Leipzig, 2021.
- [16] e. a. Rainer Carius, "Freiflächensolaranlagen Handlungsleitfaden," Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2019.
- [17] A. Wöll, "Impulspapier Solarthermie Solare Nahwärme," LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH, Wiesbaden, 2022.

Seite 114 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



- [18] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, "Freiflächensolaranlagen Handlungsleitfaden," Stuttgart, 2019.
- [19] Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH, "Solarthermie-Anlage," [Online]. Available: https://www.swlb.de/de/Unternehmen/Nachhaltigkeit/SolarHeatGrid-/Solarthermie-Anlage.html. [Zugriff am 04 07 2022].
- [20] D. J. Struckmeier, "Heißwasserkühlung mit Abwärmenutzung in der Praxis," Dresden, 2021.
- [21] e. a. Tobias Funke, "Abwärmenutzung im Rechenzentrum, Ein Whitepaper vom NeRZ," NeRZ Netzwerk energieeffiziente Rechenzentren, Berlin, 2019.
- [22] C. V. Christian Löffler, "Biomethan jetzt erst recht 2.0," Landwärme GmbH, 2022.
- [23] F. Biogas, "www.biogas.org," Fachverband Biogas, 22 Juli 2022. [Online]. Available: https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE-Habeck-kuendigt-kurzfristige-Ausweitung-der-Biogasproduktion-an?open&ccm=050. [Zugriff am 01. August 2022].
- [24] R. Wirkner, "Waldfläche und Waödnutzung Gemeinde Muldestausee," Landesforstamt Dessau, Dessau, 2022.
- [25] e. a. Gudrun Schütze, "Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland," Umweltbundesamt, Fachgebiet II 4.3, Dessau-Roßlau, 2021.
- [26] e. a. Horst Fehrenbach, "BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)," Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau, 2018.
- [27] U. e. a. Fritsche, "Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse," Öko-Institut, ISBN 3-934490-20-4, https://www.oeko.de/oekodoc/236/2004-025-de.pdf, Berlin, 2004.
- [28] J. Ewald, A. Rothe und et.al., "Energiewende und Waldbiodiversität, Abschlussbericht (FKZ 3512 83 0700), BfN-Skripten 455," Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn, 2017.
- [29] H.-M. Oettinger, "Projektskizze (intern) zum Bauprojekt 2seencamp 3hausen," Blausee GmbH, Muldestausee, 2020.
- [30] J. Schanze, A. Korzhenevych, S. Bartel, C. Kind und K. Sartison, "Handlungsansätze kleinerer und/oder finanzschwacher Kommunen zur Anpassung an den Klimawandel und den gesellschaftlichen Wandel," 2021.
- [31] M. Sandrock, C. Maaß, S. Weisleder, H. Westholm, W. Schulz, G. Löschan, C. Baisch, H. Kreuter, D. Reyer, D. Mangold, M. Riegger und C. Köhler, "Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärme-quellen am Beispiel tiefengeothermischer Ressourcen Abschlussbericht".
- [32] . Matthias Sandrock, . Christian Maaß, . Simona Weisleder, . Christina Baisch, . Geraldine Löschan, . Horst Kreuter, . Dorothea Reyer, . Dirk Mangold, . Mathieu Riegger und . Christian Köhler, "Ein neuer Weg zu effizienten Wärmenetzen mit Nieder temperaturwärmeströmen Ein Leitfaden für Kommunen," Dessau Roßlau, 2020.
- [33] . Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien e. V., "Leitfaden Sieben Schritte auf dem Weg zur klimaneutralen Kommune".
- [34] F. Falterer, h. Sabine Hafner, M. Miosga und J. Schiffner, "Das Klima-Handbuch für Kommunen. Den solidarisch-ökologischen Wandel erfolgreich gestalten".
- [35] P. Engelmann, B. Köhler, R. Meyer, J. Dengler, S. Herkel, V. Bürger, S. Braungardt, T. Hesse, M. Sandrock, C. Maaß und N. Strodel, "Systemische Herausforderung der Wärmewende Abschlussbericht," 2050.
- [36] T. Seifert, C. West, M. Tvrtkovic und M. S. R. K. K. B. R. E. H. W. U. Huber, *Was das Leben ausmachen wird: Perspektiven Paris-kompatibler kommunaler Zukunftsplanung*, 2021.

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite **115** von **118**



- [37] D. M. Huber, "Kommunale Wärmewende ein Knackpunkt für CO2-Null, Vortrag mit Präsentation," Celle, Januar 2022.
- [38] D. M. Peters, "Von der strategischen Planung hin zur Umsetzung im Gebäude: Handlungsspielräume durch die kommunale Wärmeplanung erkennen," KEA-BW, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Karlsruhe, November 2021.
- [39] B.-E. GmbH, "KEEN-Verbund.de," BCC-Energie GmbH, 2020. [Online]. Available: https://www.keen-verbund.de.
- [40] K.-. u. E. Niedersachsen, "Leitfaden Kommunale Wärmeplanung: Arbeitshilfe 6," Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen, 2021.
- [41] P. G. C. W. D. H. H. D. M. S. Thomas Pauschinger, "Solare Wärmenetze Marktstatus 2018 für Deutschland und Europa," Steinbeis Innovation gGmbH, Infoblatt Solare Wärmenetze Nr. 2, 2019.
- [42] J. W. Robert Riechel, "Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung," Umweltbundesamt, Texte 12/2022, Dessau, 2022.
- [43] H. B. C. B. C. G. u. Jens Clausen, "Wärmewende beschleunigen, Gasverbrauch reduzieren. Ein Kurzimpuls," Scientists for Future Deutschland, https://zenodo.org/record/6363715#.YjmKU02ZOUI, Deutschland, 2022.
- [44] L. L. H. GmbH, "Die Wärmewende voranbringen, Kommunale Wärmeplanung in Hessen gemeinsam gestalten," LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH, Wiesbaden, 2020.
- [45] M. M. C. W. Prof. Matthias Reckzügel, "Abwärme aus Niedersachsen Konzeptstudie zur wiederkehrenden Quantifizierung bestehender Abwärmepotenziale in Niedersachsen," Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, 2017.
- [46] K. Kranich, "BCC-Energie_Notizen Gespräche Muldestausee," BCC-Energie GmbH, Leipzig, 2022.

14.2 Anlagen

Anlage 1: BK1-3_GESPRÄCHSNOTIZEN

Anlage 2: BK1-Simulationsbericht_Rechnzentrum-Kessel

Anlage 3: BK1-Simulationsbericht Umweltwärme-Kessel

Anlage 4: BK2-Simulationsbericht-Gossa_Schmerz

Anlage 5: BK2-Simulationsbericht-Plodda

Anlage 6: BK2-Simulationsbericht-Schlaitz

Anlage 7: BK3-Simulationsbericht-V1-Pyrolyse

Anlage 8: BK3-Simulationsbericht-V2-Solarthermie

Anlage 9: BK1-Netzverteilung-Muldenstein

Anlage 10: BK2-Netzverteilung-Gossa-Schmerz

Anlage 11: BK2-Netzverteilung-Plodda

Anlage 12: BK2-Netzverteilung-Schlaitz

Anlage 13: BK3-Netzverteilung-Krina

Seite 116 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de



15 DOKUMENTENÜBERGABE

AUFTRAGGEBER	AUFTRAGNEHMER	ABRECHNUNG AN	PROJEKT-NR.
Gemeinde Muldestausee	e7 UG	Gemeinde Muldestausee	P_2020_61
Neuwerk 3	Ehrensteinstr. 34, 04105	Herr Ferid Giebler	
06774 Muldestausee / OT	Leipzig	Bürgermeister	
Pouch		Neuwerk 3	
		06774 Muldestausee / OT	
		Pouch	

DOKUMENTENÜBERGABE

Bericht gem. Vorgaben PtJ / Z.U.G. gemäß der zum Zeitpunkt der Bewilligung geltenden Kommunalrichtlinie.

FÜR DIE ÜBERGEBENEN DOKUMENTE GILT:

GELTUNGSBEREICH

Beschriebene Berechnungen und Ermittlungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen des Bearbeiters erstellt. Sie stellen keine Energieeffizienzberatung dar, ersetzen keine HOAI-Planungsleistungen und stellen keine Leistungsanforderungen an Leistungen Dritter dar. Die Leistungen von e7 UG ersetzen **nicht** die Haftungs- oder Gewährleitungspflichten der Fachunternehmen. Die e7-UG übernimmt **keine** Haftungsansprüche aus den Leistungen Dritter.

ABSTIMMUNG MIT DEM AUFTRAGGEBER

Diese Ausarbeitung ist in Zusammenarbeit zwischen dem Berater und dem Auftraggeber und seinen Mitarbeitern erarbeitet worden. Die Sachinhalte dieser Ausarbeitung sind im Einzelnen mit dem Unternehmen bzw. den Mitarbeitern des Unternehmens besprochen und abgeklärt worden. Ansprüche wegen Schlechtleistung können nur im Falle vorsätzlichen Handelns geltend gemacht werden. Ansprüche Dritter, denen diese Ausarbeitung überlassen wird, sind ausgeschlossen.

RICHTIGKEIT DER ANGABEN

Für diese Ausarbeitung sind vom Auftraggeber bzw. den benannten Mitarbeitern des Unternehmens Unterlagen bereitgestellt worden und mit dem Auftraggeber und den benannten Mitarbeitern des Unternehmens Gespräche geführt worden. Unterlagen und Gespräche sind als wahrheitsgemäß und richtig angenommen worden. Eine Überprüfung dieser Inhalte war nicht Gegenstand dieses Auftrages und wurde auch deshalb unterlassen.

VORBEHALTLICH STEUERLICHER BERATUNG

In dieser Ausarbeitung werden auch Anmerkungen zu steuerlich relevanten Tatbeständen gemacht. Es wird darauf hingewiesen, dass im Rahmen der erfolgten Beauftragung keine Steuerberatung vereinbart worden ist und somit die vorliegende Ausarbeitung auch keine Beratung in Steuerfragen darstellt. Die Ausführungen wurden betriebswirtschaftlichen Überlegungen heraus formuliert und bedürfen in den genannten Fällen der Überprüfung nach steuerlichen Gesichtspunkten durch den Steuerberater des Unternehmens.

VORBEHALTLICH RECHTLICHER BERATUNG

In dieser Ausarbeitung werden auch Anmerkungen zu juristisch relevanten Tatbeständen gemacht. Es wird darauf hingewiesen, dass im Rahmen der erfolgten Beauftragung keine Rechtsberatung vereinbart worden ist und somit die vorliegende Ausarbeitung auch keine Beratung in Rechtsfragen darstellt. Die Ausführungen wurden betriebswirtschaftlichen Überlegungen heraus formuliert und bedürfen in den genannten Fällen der Überprüfung nach juristischen Gesichtspunkten durch einen Rechtsberater.

Dokumente übergeben am: 19.08.2022 Unterschrift:

e7-gruppe.de Potenzialstudie Abwärme Seite 117 von 118



Gefördert durch:





aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Seite 118 von 118 Potenzialstudie Abwärme e7-gruppe.de