

VERWALTUNGSVORLAGE

Geschäftsbereich: ESi

Siegen, 02.03.2023

Bearbeitet von: Uwe Siemann

Beratungsfolge:

☒ öffentlich

☐ nichtöffentlich

ESi Entsorgungsbetrieb Betriebsausschuss

17.03.2023

Kurzbezeichnung:

Energiekonzept für die Kläranlage Siegen

Beschlussvorschlag:

Der Betriebsausschuss nimmt die Ergebnisse des Energiekonzepts zur Kenntnis und beauftragt den Entsorgungsbetrieb der Stadt Siegen, die Maßnahmen 1 – 4 „Umweltenergie in Verbindung mit Wärmepumpe“ weiterzuverfolgen.

Sachverhalt / Begründung:

Der Energiebedarf auf der Kläranlage Siegen wird im Wesentlichen vom Wärme- und Strombedarf geprägt. Zurzeit werden für die Klärgasausfäulung und Klärschlamm-trocknung rd. 15,2 GWh Wärme benötigt. Der Kläranlagenbetrieb benötigt 1,7 GWh externen Strom pro Jahr. Die Eigenstromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen und den Blockheizkraftwerken beträgt rd. 1,5 GWh pro Jahr und ist beim Verbrauch bereits berücksichtigt. Die Eigenerzeugung beträgt folglich etwa die Hälfte des Gesamtbedarfs.

Der Entsorgungsbetrieb der Stadt Siegen beabsichtigt, die Abwasserreinigung auf der Kläranlage Siegen mittel- bis langfristig mit regenerierbaren Energien zu betreiben. Um das Ziel zu erreichen, ist bei der Wärmeversorgung weitgehend auf fossile Energieträger, im besonderen Erdgas, zu verzichten. Neben dem übergeordneten Ziel der CO₂-Einsparung bzw. des Klimaschutzes sollen durch den Verzicht auf Erdgas Abhängigkeiten reduziert und damit möglichen Versorgungsunterbrechungen begegnet sowie die stark gestiegenen Erdgasbezugskosten eingedämmt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde beim Fachbüro enerma, Gesellschaft für Energiedienstleistungen mbH, Wenden, eine Studie in Auftrag gegeben, um alternative Wärmeversorgungs-konzepte zu untersuchen und zu bewerten.

Bei der Erstellung der Studie wurden die baulichen Gegebenheiten beim ESi sowie das notwendige Temperaturniveau im Heizkreisvorlauf von 85°C berücksichtigt. Als Grundlage aller Vergleichsrechnungen dienen die Erdgasbezüge, die Strombezüge sowie die Wärme- bzw. Stromerzeugung aus dem Betrieb der ESi-eigenen Blockheizkraftwerke und PV-Anlagen. Neben wirtschaftlichen Aspekten wurde auf die Energieversorgungssicherheit geachtet, um die Abwasseraufbereitung jederzeit sicher durchführen zu können.

Die einzelnen alternativen Wärmeerzeugungsmöglichkeiten werden dabei fünf grundsätzlich unterschiedliche Anlagentypen zugeordnet:

1. Umweltenergie in Verbindung mit einer Wärmepumpe
 - a. Nutzung der Wärme im Auslaufwassermassenstrom der Kläranlage
 - b. Erdwärme
 - c. Umgebungsluft
 - d. Frischklärschlamm
2. Abwärme heimischer Industrie
3. Thermochemische Konversion des Energieträgers Klärschlamm
 - a. Klärschlammverbrennung
 - i. Ist-Menge
 - ii. Annahme von weiterem Fremdschlamm
 - b. Klärschlammvergasung
 - i. Gasnutzung in Heizkesseln
 - ii. Gasnutzung in BHKW
4. Biomasse in Form von heimischem Holz
 - a. Holzhackschnitzel
 - b. Holzpellets
5. Solarenergie
 - a. Flachkollektoren
 - b. Röhrenkollektoren
 - c. PV-Anlage plus Wasserstofferzeugung

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 14 verschiedene Möglichkeiten auf der Basis der Anlagentypen untersucht und wirtschaftlich bewertet.

In der folgenden Tabelle ist das Ergebnis zusammengefasst. Angegeben sind jeweils die Wärmegestehungskosten und der Wärmedeckungsgrad in Bezug auf den maximal möglichen Wärmebedarf in Höhe von 15,2 GWh/Jahr bei einer Betriebszeit von 7.600 h/Jahr. Diese Basis wurde festgelegt, um eine verlässliche Bezugsgröße zu haben. Zum Vergleich sind die aktuellen ESi-Erdgaspreis- bzw. Wärmegestehungskosten von 138 €/MWh bzw. 125 €/MWh gegenübergestellt. Daneben werden weitere Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren stichpunktartig aufgeführt.

Lfd.-Nr.	Wärmeerzeugungsanlage	Wärmegestehungskosten		Wärme
		in €/MWh aktuell	in €/MWh erwartet	Deckungsgrad in %
1	<u>Wärmepumpe Auslaufwasser Kläranlage:</u> Wärmeüberträger und Wärmepumpe in Ablauf der KA einbauen und 7-12°C Wassertemperatur auf 85°C Vorlauftemperatur anreichern. Abkühlung des Ablaufwassers 5 °C. Hoher Bedarf an Strom für Betrieb der WP. Kombination mit anderen Wärmegewinnungs-Verfahren möglich	125	180	99,4
2	<u>Erdwärmepumpe:</u> Es müssten 200 Bohrungen abgeteuft werden. Große Fläche erforderlich, Einschränkung in KA Erweiterung. Kombination mit anderen Wärmegewinnungs-Verfahren	125	175	89,5
3	<u>Luft-Wasser-Wärmepumpe:</u> Der Strombedarf wäre vor allem im Winter enorm, da der Umgebungsluft bei Temperaturen unter 0°C Wärme nur mit einem außerordentlich geringen Wirkungsgrad entzogen werden kann. Dieser schlechte Wirkungsgrad würde bedeuten, dass im Winter de facto mit Strom geheizt werden müsste.	125	153	70
4	<u>Wärmepumpe Frisch-Klärschlamm:</u> Entzieht dem Klärschlamm nach dem Faulturm (rd. 30°C) die Wärme und heizt den Frischschlamm vor.	125	135	10,1
5	<u>Industrielle Abwärme mit Energiespeicher:</u> Wärme aus Industrieprozessen lässt sich in transportablen Behältern mit einem spez. Wärmespeichermedium speichern und mit LKW zur KA transportieren, wo sie aus dem Speicher in die Heizungsanlage eingespeist würde. Transportmasse 150t/Tag (rd. 7 LKW). Abwärme, die sonst umweltschädlich an die Umgebung abgeführt wird, kann so sinnvoll zur Einsparung fossiler Energie verwendet werden.	125	131	70
6	<u>Klärschlammverbrennung 15.400 t/a:</u> Bau einer Mono-Verbrennungsanlage auf der KA Siegen. Nutzung der Abwärme für Stromerzeugung über einen ORC-Prozess. Dabei wird ein Thermoöl mit Rauchgasabwärme beladen, in einem Wärmeüberträger ein Arbeitsfluid verdampft und in einer Expansionsmaschine mit Generator entspannt. Das Arbeitsfluid kondensiert und steht dann nach einer Druckreduzierung wieder zur Verdampfung zur Verfügung. Der ORC Prozess ist keine Verbrennung. Der erzeugte Strom kann genutzt werden, verringert die Strombezugskosten und auch die Abwärme des ORC-Prozesses steht ggf. als Heizwärme zur Verfügung. Die KS-Trocknung müsste nicht mehr auf 90% erfolgen, sondern nur noch auf knapp 50%, dadurch tritt ein geringerer Energiebedarf zur Trocknung auf. Es wird ein vorhandener Brennstoff genutzt und Entsorgungskosten und Transport in eine entferntere Anlage vermieden. Die KS-Asche ist ein wichtiger Rohstoff für das gesetzlich vorgeschriebene Phosphor-Recycling; hier muss ESi bis Ende 2023 eine Aussage treffen.	125	45	55,6*)
7	<u>Klärschlammverbrennung 28.000 t/a:</u> Wie Punkt 6 jedoch Annahme von Fremdschlamm für 85€/Tonne, um einen höheren Wärmedeckungsgrad zu erzielen. Dadurch tritt mehr Logistik auf der KA auf!	125	8	66,5
8	<u>Klärschlammvergasung mit Heizkessel:</u> Vergasung und Gasverbrennung im Heizkessel. Technisch sehr aufwendige Gasaufbereitung, hohe Investitionskosten, keine Stromerzeugung! Phosphorrückgewinnung aus der Asche möglich	125	162	61,8
9	<u>Klärschlammvergasung mit BHKW:</u> Vergasung und Gasverbrennung im BHKW. Technisch sehr aufwendige Gasaufbereitung,	125	100	31,2

	hohe Investitionskosten. Neben Wärme- auch Stromgewinnung in einem BHKW möglich. Letztere senkt die Strombezugskosten. Phosphorrückgewinnung aus der Asche möglich.			
10	<u>Holz hackschnitzelverbrennung</u> : Die Holz hackschnitzelverbrennung ist wirtschaftlich machbar. Man tritt in Wettbewerb um verfügbares Holz, wie sich der Preis dafür entwickelt ist ungewiss. Es gibt Hackschnitzelheizwerke in der Region. Logistik, Lagerhalle notwendig. Es entstehen zusätzliche Belastungen für die KA wie Kondensate aus Rauchgaswäsche oder andere zu entsorgende Reststoffe	125	73	70
11	<u>Holz pelletverbrennung</u> : Holz pelletverbrennung ist nicht wirtschaftlich machbar, da hier ein deutlich höherer Brennstoffpreis gegeben ist.	125	147	70
12	<u>Flach-Solarkollektor auf KST-Dach in Verbindung mit einer Wärmepumpe</u> : ca. 200kW _{th} Wärme gewinnung möglich. Hohe Investitionskosten.	125	188	0,7
13	<u>Röhren-Solarkollektor auf KST-Dach in Verbindung mit einer Wärmepumpe</u> : ca. 200kW _{th} Wärme gewinnung möglich. Hohe Investitionskosten.	125	294	0,6
14	<u>PV-Anlage auf KST-Dach mit H₂-Erzeugung</u>	125	8.104	0,1

*) bezogen auf eine Wärmemenge von 9,9 GWh/a, da Klärschlamm trocknung nur auf rd. 46 % TS.

Fazit:

Die Maßnahmen 6 - 9 „Errichtung einer thermischen Verwertungsanlage“ weisen überwiegend geringe Wärmeerzeugungskosten bei einem akzeptablen Wärmedeckungsgrad auf. Zudem ist der Brennstoff Klärschlamm vor Ort verfügbar, was zusätzliche Logistik des Trockengutes zu einer anderen Anlage vermeiden würde. Allerdings wird die Akzeptanz der Bevölkerung für diese Varianten gering sein. Ungeklärt wäre bisher die Rückbelastung der Kläranlage durch möglicherweise schwer abbaubare Kondensate. Letzteres gilt auch für die Varianten 10 + 11. Hinzu kommt die unsichere Preisentwicklung des Brennstoffs Holz. Die Möglichkeit 5 steht in unmittelbarer Abhängigkeit von der Industrie. Erfahrungsgemäß ist damit längerfristig keine Betriebssicherheit garantiert. Hinzu kommt die umfangreiche Logistik. Die Maßnahmen 12 - 14 weisen einen sehr geringen Wärmedeckungsgrad bei gleichzeitig erheblichen Wärmegestehungskosten auf und stellen momentan keine Alternative dar. Ziel führend könnten die Varianten 1 - 4 in unterschiedlichen Kombinationen sein. Die Wärmegestehungskosten liegen momentan noch deutlich über den aktuellen Kosten, welche künftig aber sehr wahrscheinlich steigen werden. Hervorzuheben ist der sehr gute Wärmedeckungsgrad. Erheblich ist für diese Varianten allerdings der Strombedarf, welcher konsequenterweise aus regenerativen Energieträgern stammen sollte. Dessen Bezugsquelle ist zurzeit noch fraglich. Denkbar wäre z.B. die Beteiligung an einem Windpark. Aufgrund dieser Sachlage wird empfohlen, die Maßnahmen 1 - 4 weiterzuverfolgen

Klimarelevanz	Veränderungen CO ₂ -Emissionen	Übereinstimmung mit dem Zielen bzw. dem Zielkonzept der Stadt Siegen	Bestehen alternative Handlungsoptionen?
<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja, positiv <input type="checkbox"/> Ja, negativ <input type="checkbox"/> Prüfbedarf	<input type="checkbox"/> erhebliche Reduktion <input type="checkbox"/> geringe Reduktion <input type="checkbox"/> geringe Erhöhung <input type="checkbox"/> erhebliche Erhöhung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Unbekannt	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
Erläuterung Klimarelevanz Die Prüfung verschiedener Handlungsoptionen entfaltet noch keine Klimarelevanz. Die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien wird zu einer Reduzierung der CO ₂ -Emissionen führen.			
Begründung (Veränderung / Übereinstimmung / Handlungsoptionen)			

I.V.

gez.
Roth

Betriebsleitung

gez.
Scheidt