

Fachbereich 1 Abwasser

## Wirtschaftlichkeitsrechnung Wärmeerzeugung Kläranlage Hennef

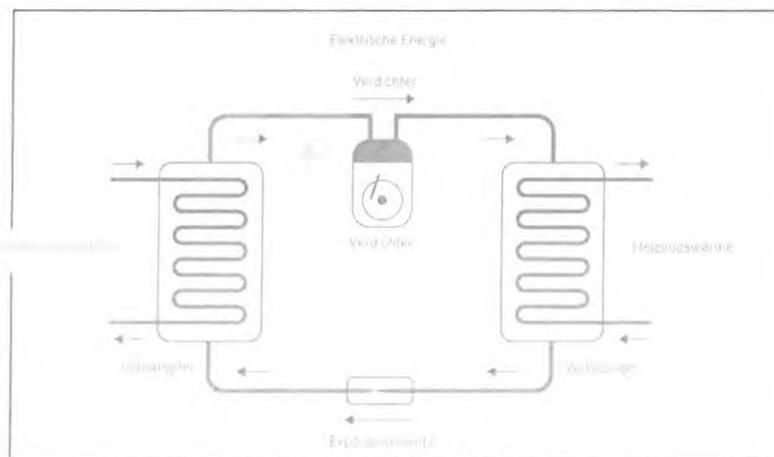
### 1. Ausgangslage

Auf dem Kläranlagengelände sollen zwei neue Gebäude errichtet werden: ein Sozialgebäude und ein Verwaltungsgebäudeanbau. Dadurch ist es erforderlich das Thema Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) unter Berücksichtigung der vorhandenen Gebäude und der bereits bestehenden Installationen zu betrachten.

Die Gebäude auf dem Kläranlagengelände, das Betriebsgebäude und das Verwaltungsgebäude (Baujahr 1998 bzw. 2004) werden über 2 Wärmepumpen beheizt. Diese sind jeweils unter den Gebäuden im Keller platziert. Die Wärmequellen sind einmal Abwasser und einmal Grundwasser. Da die abgegebene Wärme dieser Wärmepumpen, die Spitzlast und geforderte Wärme zur Legionellenabtötung im Warmwasser nicht leisten kann, ist noch eine Heizpatrone, die mit Strom betrieben wird, zugeschaltet.

Die Abwasserwärmerückgewinnung (AWRG) ist die Nutzung der im Abwasser enthaltenen thermischen Energie und erfolgt über zwei Wärmetauscher in den Belebungsbecken. Aufgrund des geringen Temperaturniveaus des Abwassers ist eine (elektrisch betriebene) Wärmepumpe nötig, um die Wärmeenergie des Abwassers vollständig zurückzugewinnen oder zu Heizzwecken nutzbar zu machen.

Um die thermische Energie des Grundwassers nutzen zu können, wird eine Brunnenanlage bestehend aus Saug- und Schluckbrunnen eingesetzt. Für den Bau war eine wasserrechtliche Genehmigung mit einer Laufzeit von 20 Jahren erforderlich. Diese Genehmigung würde heute nach Verschärfung des Wasserrechts nicht mehr erteilt werden. Außerdem entfällt durch den Anbau an das Verwaltungsgebäude ein Grundwasserbrunnen.



Funktionsweise einer Wärmepumpe

## 2. Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die EU-Gebäuderichtlinie 2010 sieht vor, dass bereits ab dem Jahr 2019 alle Neubauten im öffentlichen Bereich dem „Nahezu-Null-Energie-Gebäude-Standard“ entsprechen sollen. Für alle anderen Neubauten gilt die Anforderung ab 2021.

Zitat: EU-Richtlinie 2010, Artikel 2 Begriffsbestimmungen:

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck Niedrigstenergiegebäude ein Gebäude, das eine sehr hohe... Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen, einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird, gedeckt werden.

Um den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch zu steigern verpflichtet das EEWärmeG in § 3, den Wärmebedarf für neu zu errichtende Gebäude anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Die Pflicht besteht ab einer Nutzfläche von mehr als 50 Quadratmetern. Adressaten dieser Pflicht sind alle Eigentümer neu errichteter Gebäude, gleichgültig, ob es sich um öffentliche oder private Bauherren handelt. Welche Form von erneuerbaren Energien genutzt werden soll, kann der Eigentümer entscheiden. Dabei sind einige Mindestanforderungen zu beachten. So muss ein bestimmter Mindestanteil des gesamten Wärme- und/oder Kältebedarfs mit erneuerbaren Energien erzeugt werden. Der Anteil ist abhängig davon, welche erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Beim Einsatz von Geothermie müssen derzeit mindestens 50 Prozent des Wärme- und Kälteenergiebedarfs des Gebäudes gedeckt werden.

Für die öffentliche Hand besteht eine Pflicht zum anteiligen Einsatz erneuerbarer Energien auch für den Fall, dass bestehende Gebäude grundlegend renoviert werden (§ 3 Abs. 2 EEWärmeG). Diese Verpflichtung unterstreicht die Vorbildfunktion des öffentlichen Sektors und geht auf die Erneuerbare-Energien-Richtlinie aus dem Jahr 2009 (2009/28/EG) zurück, die 2011 durch das Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien (EAG EE) vom 12.04.2011 in deutsches Recht umgesetzt wurde.

## 3. Zielsetzung

Ziel ist es bei der Neukonzeption der Wärmeerzeugungsanlagen möglichst erneuerbare Energiequellen zu nutzen und zusätzlich ein vertretbares wirtschaftliches Gesamtkonzept zu entwickeln. Die Leistungsauslegung und das Temperaturniveau sind durch einen Wirtschaftlichkeitsvergleich zu optimieren, damit möglichst viel Energie wirtschaftlich übertragen werden kann. Speziell ist darauf zu achten, dass die Anlagen nicht nur bei Auslegungsbedingungen einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, sondern auch bei den am häufigsten herrschenden Betriebsbedingungen. Bei der Planung der Anlagen sollen die Wirtschaftlichkeit, die gute Regelbarkeit sowie die einfache Wartung, Bedienung und Betriebsoptimierung im Vordergrund stehen.

Es ist ferner beabsichtigt, dass

- vorhandene Energie (Abwärme), soweit wirtschaftlich vertretbar und technisch möglich, fach- und gebäudeübergreifend genutzt wird,
- Verteilverluste durch geschickte Standortwahl der Zentralen, Wahl der Betriebstemperaturen und Leitungsführung minimiert werden sowie
- eine optimale Dämmung sichergestellt wird.

Falls ausnahmsweise der Einsatz von fossilen Energieträgern unumgänglich ist, sind diese in der Priorität Erdgas, Erdöl einzusetzen.

Aus Effektivitätsgründen soll für alle Gebäude eine zentrale Heizungsanlage konzipiert werden. Dies hat Vorteile bei der Steuerung, Instandsetzung und Wartung.

### 3.1 Vereinbarkeit von Energieeinsparung und Hygieneanforderungen an Trinkwasser (Quelle: Umweltbundesamt)

Ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung der vereinbarten Klimaziele wird in Energieeinsparungen im Gebäudebereich gesehen. Dabei geht es nicht allein um die Wärmedämmung von Gebäuden und moderne Heiztechnik, sondern auch um den Energieverbrauch für die Bereitstellung von Warmwasser. Die Trinkwasser-Installation in privaten und öffentlichen Gebäuden birgt Gefahrenquellen für die Trinkwasserqualität.

Durch Temperaturerhöhung und längere Verweildauer des Trinkwassers im Leitungssystem und in Speichereinrichtungen kann es zu bakteriellem Wachstum und einer Erhöhung der Bakterienzahl im Trinkwasser kommen. Im Trinkwasser-Temperaturbereich von 20-55 °C können Legionellen sich auf gesundheitlich bedenkliche Konzentrationen vermehren, wobei lange Aufenthaltszeiten des Wassers von einigen Stunden bis Tagen in Installationsrohren und Wasserspeichern die Vermehrung der Bakterien begünstigen. Dies ist bei Überlegungen, die Betriebstemperatur von Warmwassersystemen zum Zwecke der Energieeinsparung abzusenken, zu berücksichtigen. Langjährige Praxiserfahrung belegt, dass die in den einschlägigen Regelwerken (insbesondere DVGW-Arbeitsblätter W 551 und W 553, DIN 1988, DIN 4708) beschriebenen allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT) geeignet sind, das Legionellenwachstum in Trinkwasser-Installationen wirksam zu beherrschen. Für Großanlagen sind die aaRdT insofern bindend, als im Schadensfall bei einer Nicht-Einhaltung der Regeln aus rechtlicher Sicht dem Betreiber „fahrlässiges Handeln“ angelastet werden kann. In Großanlagen ist der Einsatz einer Zirkulationsleitung vorgeschrieben. Zirkulationsleitungen verhindern, dass das erwärmte Wasser in den Rohrleitungen auskühlt, indem es in einer zusätzlichen Leitung von der Entnahmestelle zurück in den Warmwasserspeicher geführt. Der Einsatz einer Zirkulationsleitung führt zu Wärmeverlusten und zusätzlichem Stromverbrauch durch die Zirkulationspumpe.

Ein andere Möglichkeit sind sogenannte „Legionellenschaltungen“, die das Legionellenwachstum kontrollieren sollen, indem der Warmwasservorrat periodisch (z. B. einmal täglich) auf mehr als 60 °C aufgeheizt wird. In den Zwischenzeiten kühlt das Wasser durch Wärmeverlust und Wärmeentnahme wieder auf die niedrigere Betriebstemperatur ab. Erst mit einer Erhöhung der Temperatur auf 70 °C im gesamten Warmwassersystem kann eine thermische Desinfektion, d.h. eine Abtötung vitaler Legionellen, sicher erreicht werden. Temperaturen über 60 °C sind jedoch für „Legionellenschaltungen“ technisch nicht sicherzustellen, da eine häufige Erhöhung über 60 °C die Installationsmaterialien zu stark in Mitleidenschaft ziehen würde. Auf die entsprechende Erhöhung des Energiebedarfs wird hier nicht weiter eingegangen.

Elektrische Durchlauferhitzer genießen beispielsweise den Ruf, besonders sparsam zu sein, weil die Wasserleitungen kurz sind, keine Speicherverluste auftreten und der elektrische Strom effizient in Wärme umgewandelt wird; sie führen aber selbst gegenüber dem aufwändigen Fall eines Heizkessels mit Warmwasserspeicher und Zirkulationsleitung zu einem 10-12 % höheren Primärenergieverbrauch, weil die Stromerzeugung energie- und CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Der Einsatz von elektrischen Durchlauferhitzern setzt gerade bei großen Gebäuden ausreichend ausgelegte Stromversorgungen und Leitungen voraus.

Das Umweltbundesamt (UBA) empfiehlt derzeit als hygienisch unbedenkliche und regelkonforme Maßnahmen

- Isolierung von (freiliegenden) Verteilleitungen und Wärmespeichern,
- hydraulischer Abgleich von Zirkulationsleitungen,
- Nutzung sparsamer Zirkulationspumpen,
- effiziente und sparsame Wärmeerzeuger und
- ggf. Verwendung von Wasserspararmaturen.

Das UBA folgt in der Frage energieeffiziente und hygienische Warmwasserbereitung den aaRdT und hält eine Warmwassertemperatur von 60 – 55 °C für Großanlagen für notwendig.

Energieeinsparpotentiale werden in der Minimierung der Energieverluste durch angemessene Auslegung und Wärmedämmung der Systeme gesehen.

Technisch ist es also recht einfach, auch ein Niedertemperatursystem wie das einer Wärmepumpe dauerhaft und verlässlich gegen einen Legionellenbefall zu schützen. Fachleute wenden aber ein, dass ein zusätzlicher Elektroheizstab in der Wärmepumpe energetisch kontraproduktiv und wirtschaftlich unsinnig sei, da das zusätzliche Aufheizen des Wassers mit Strom zu teuer sei. Eine Gastherme liefert die gleiche (Aufheiz-)Energie für weniger Geld. Daher ist der Kauf einer Gastherme insgesamt als wirtschaftlicher einzuschätzen.

### 3.2 Redundante Systeme

Redundanz ist bei der Konzeption der Wärmeerzeugungsanlage wichtig, da Belebungsbecken bei Störungen keine Abwasserwärme liefern können. Bei einer Störung muss beispielsweise ein Belebungsbecken leer gepumpt werden. Der Ausfall der Wärmetauscher kann dadurch Tage dauern. Eine solche bivalente beziehungsweise multivalente Anlage besteht aus Wärmepumpen, welche die Grundlast an Wärmebedarf decken, und einem anderen Wärmeerzeuger, der bei Spitzenlast anspringt und die fehlende Wärme erzeugt.

## 4. Variantenvergleich

### 4.1 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Folgender Heizwärmebedarf (inkl. Trinkwassererwärmung) wurde der Berechnung zugrunde gelegt:

<b>Gebäude</b>	<b>Heizleistung</b>
Sozialgebäude neu	67,0 kW
Anbau Verwaltungsgebäude neu	36,7 kW
Verwaltungsgebäude (Büro und Sozialräume)	106,3 kW
Betriebsgebäude	35,0 kW
<b>Gesamt</b>	<b>245,0 kW</b>

Mehrere Varianten wurden miteinander verglichen:

Variante 1: Zentrale Wärmepumpenanlage für alle Gebäude

Installation von 4 Wärmepumpen mit Legionellenschaltungen über strombetriebene Heizpatronen im vorhandenen Heizungskeller mit Erweiterung der vorhandenen Abwasserwärmetauscher im Belebungsbecken und der vorhandenen Zuleitung. Abhängig von einer Wärmequelle, Spitzlastabdeckung über Strom.

Variante 2: Zentrale Wärmepumpenanlage für alle Gebäude (2 Wärmepumpen) mit Spitzabdeckung über eine zentrale Gaskesselanlage (80% Wärmepumpen/20% Gas) Erdgasanschluss und Ertüchtigung des vorhandenen Schornsteins als Voraussetzung. Redundantes System für Notfälle und Spitzlastabdeckung über Gas

Variante 3: Zentrale Gaskesselanlage für alle Gebäude

Aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen für öffentliche Gebäude (EU-Gebäuderichtlinie und dem Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich) nicht umsetzbar.

Die betriebliche Nutzungsdauer aller 3 Anlagen wurde auf 15 Jahre angesetzt.

In der Wirtschaftlichkeit werden neben der Erstinvestition auch die Betriebs- und Erhaltungskosten der Anlage berücksichtigt. Die aufgeführten Kosten sind grobe Schätzkosten des Fachplaners auf der Grundlage der Vorentwurfsplanung für die Wärmeerzeugungsanlage:

<i>netto in €</i>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>
<u>Wärmeerzeugungsanlage</u>			
Wärmepumpen	96.000,00	70.400,00	0,00
Gastherme(n)	0,00	24.100,00	70.000,00
Heizpatrone Strom	inkl.	0,00	0,00
Ertüchtigung Schornstein	0,00	1.600,00	1.600,00
Erweiterung Wärmetauscher	30.000,00	10.500,00	0,00
Erweiterung Zuleitung	45.000,00	30.000,00	30.000,00
Gasanschluss	0,00	10.000,00	10.000,00
Wärmedämmung	5.000,00	5.000,00	5.000,00
<b>Investitionskosten (netto)</b>	<b>176.000,00</b>	<b>151.600,00</b>	<b>116.600,00</b>
Ing.leistungen (30%)	52.800,00	45.480,00	34.980,00
<b>Gesamtinvestitionskosten (netto)</b>	<b>228.800,00</b>	<b>197.080,00</b>	<b>151.580,00</b>
<b>Gesamtinvestitionskosten (brutto)</b>	<b>272.272,00</b>	<b>234.525,20</b>	<b>180.380,20</b>
<b>Betriebskosten p.a.</b>	<b>2.047,00</b>	<b>1.821,00</b>	<b>1.845,00</b>

## 4.2 Finanzierung

Die erforderlichen Budgetmittel wurden im Vermögensplan der Stadtbetriebe Hennef AöR bei den Neubaukosten mit berücksichtigt. Förderungsmöglichkeiten bestehen nach dem Programm RESA II entsprechend den Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für eine „ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW II“. Demnach ist für die Abwasserwärmenutzung ein anteiliger Zuschuss von 30% möglich. Zusätzlich ist ein zinsverbilligter Kredit aus Ergänzungsmitteln denkbar. Weitere Fördermöglichkeiten werden überprüft, wobei eine Kumulierung in aller Regel ausgeschlossen ist.

## 5.Fazit

Die Variante 3 ist zwar die kostengünstigste Variante im Vergleich, setzt aber keine erneuerbaren Energien ein und scheidet somit aus. Die Variante 2 ist günstiger als die erste Variante und bietet noch andere Vorteile.

Dieses Wärmeerzeugungskonzept sieht vor, dass es eine zentrale Heizungsanlage geben soll, die alle Gebäude mit Wärmeenergie versorgt. Dies erleichtert die Wartung und Steuerung der Anlage. Diese Aufgaben werden zukünftig betriebsintern von eigenem Fachpersonal übernommen. Zu 80% wird erneuerbare Energie eingesetzt. Zudem hat diese Variante den Vorteil, dass eine alternative Wärmequelle vorhanden wäre. Vorrangig soll die Abwasserenergie genutzt werden und nur zur Spitzlastabdeckung und als redundantes System für Notfälle eine Gastherme installiert werden. Eine Gasleitung zur Kläranlage soll demnächst gelegt werden, um die Energieversorgung des Faulturms sicher zu stellen, da die Ölheizung abständig ist und aufgrund wasserrechtlicher Vorschriften auch nicht mehr erneuert werden darf.

Der Standort wäre zentral im Keller des vorhandenen Betriebsgebäudes, da hier die Leitungen zum Belebungsbecken liegen, sowie ein Schornstein für die Erdgasnutzung bereits vorhanden ist.