

2026/087

öffentlich



Dezernat III
Gebäudemanagement

Bezugsvorlagen:

Beratungsfolge	Geplante Sitzungstermine	Ö / N
Planungsausschuss (Vorberatung)	13.05.2026	Ö
Gemeinderat (Entscheidung)	19.05.2026	Ö

Bauhof Leonberg - Sanierung Heizung

Beschlussvorschlag mit finanziellen Auswirkungen

Der Gemeinderat beschließt:

1. Der Sanierungsvariante 03 Luft-Wasser-Wärmepumpen (vollständige Elektrifizierung) wird zugestimmt.
2. Mit den Planungsleistungen für die Fachplanung wird das Ingenieurbüro für Versorgungstechnik IBV Lutz GmbH beauftragt.
3. Die Verwaltung wird ermächtigt, in eigener Zuständigkeit die notwendigen Angebote für weitere notwendige Ingenieur- und Berathungsleistungen (z.B. Brandschutz) sowie die Heizungstechnik und begleitende nötige Baumaßnahmen einzuholen und zu beauftragen.

Finanzielle Auswirkungen:

JA NEIN

Kontierung	Jahr	verfügbares Budget	Finanzbedarf	Bemerkung
Teilbudget BUD_TH01_6500_01 Sachkonto 4211 0010	2026	2.358.000	150.000	Die Aufwendungen werden über das Teilbudget BUD_TH01_6500_01 des Gebäudemanagements gedeckt.
Teilbudget BUD_TH01_6500_01 Sachkonto 4211 0010	2027	0	272.000	Die Aufwendungen werden im Haushaltsplanentwurf 2027 veranschlagt.

1. Kurzdarstellung

Die bestehende Heizungsanlage des städtischen Baubetriebshofs Leonberg muss dringend saniert werden. Die Anlage versorgt sowohl die Gebäude des Bauhofs und der Stadtwerke als auch ein angrenzendes Wohnhaus mit sechs Wohneinheiten. Ein Totalausfall würde die Wärmeversorgung kritischer kommunaler Einrichtungen gefährden.

Die Heizungsanlage stammt aus den Jahren 2006 und 2016 und ist nicht mehr betriebssicher. Einer der beiden Gaskessel ist bereits vollständig ausgefallen, der zweite zeigt ebenfalls deutliche Verschleißerscheinungen. Durch die Wartungsfirma wird aus vorsichtsmaßnahme der Kessel nicht mehr gereinigt, da damit gerechnet werden muss, dass dieser durchbricht. Die Sanierung ist notwendig, um Versorgungssicherheit, Energieeffizienz und Klimaziele zu gewährleisten.

2. Ausgangslage

Das Land Baden-Württemberg sowie die Stadtverwaltung Leonberg haben sich das Ziel gesetzt, die Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen. Dies bedeutet die Abkehr von fossil betriebenen Heizungen innerhalb von rund 13,5 Jahren. Diese Zeitspanne ist kürzer als eine wirtschaftlich vertretbare Nutzungsdauer einer Wärmeversorgung.

Mit dem deutschen Klimaschutzgesetz (Ziel: Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045) sowie dem seit 01.01.2024 geltenden Wärmeplanungsgesetz ist der politisch-rechtliche Rahmen klar auf einen schrittweisen Ausstieg aus fossilen Energieträgern ausgerichtet. Die Frage nach der Stilllegung von Gasnetzen bzw. einzelner Netzabschnitte gewinnt daher zunehmend an Bedeutung.

Bereits heute werden die Investitionen in Gasnetze zurück gefahren. Künftig werden die Kosten des Gasnetzbetriebs auf immer weniger Kunden umgelegt werden. Denn wenn Heizungen ihr Lebensende erreicht haben, werden diese aktuell hauptsächlich durch Wärmepumpen ersetzt, so dass der Gasverbrauch immer weiter abnehmen wird. Dies verursacht neben anderen Preistreibern wie CO₂-Steuern, Kriege und sonstige Versorgungsrisiken dafür, dass mit Erdgas betriebene Heizungen keine gesicherte Wirtschaftlichkeit mehr haben.

Es ist daher dringend davon abzuraten bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für neu zu installierende Wärmeversorger zum heutigen Zeitpunkt noch Heizungssysteme einzubeziehen, die auf fossilen Energieträgern basieren.

2025 wurde durch ein Planungsbüro eine Machbarkeitsstudie zur Instandsetzung der Heizungsanlage durchgeführt. Diese ist Grundlage der im folgenden vorgestellten Varianten.

3. Geplante Maßnahmen

In der Machbarkeitsstudie wurden drei Varianten zur Sanierung der Heizungsanlage untersucht.

Variante 1 beinhaltet den Einbau einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Abwasserwärmetauscher. Die Wärme wird dem nahegelegenen Abwasserkanal entzogen, die Spitzenlast deckt ein Gasbrennwertkessel. Die Anschaffungskosten liegen deutlich über denen der anderen Varianten (ohne Planungs- und Rückbaukosten der Bestandsanlage). Für die Installation des Abwasserwärmetauschers sind aufwendige bauliche Eingriffe in den bestehenden städtischen Abwasserkanal nötig. Der Wärmeüberträger im Abwasserkanal ist anfällig für Ablagerungen und Verschmutzungen, was regelmäßige Reinigung und Wartung notwendig macht. Diese Variante ist energetisch effizient, jedoch technisch aufwendig und unverhältnismäßig teuer. Die Amortisation ist erst nach ca. 18 Jahren gegeben was die Variante im Vergleich unwirtschaftlich macht.

Variante 2 kombiniert eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einem Gasbrennwertkessel. Diese Lösung ist technisch einfach umzusetzen, kostengünstig und bietet hohe Versorgungssicherheit durch den Hybridbetrieb. Sie erfüllt allerdings nur teilweise die Klimaziele, da trotz des Einsatzes einer Wärmepumpe für die Spitzenlastversorgung weiterhin ein Gasbrennwertkessel erforderlich ist und somit eine fortbestehende Abhängigkeit von fossilen Energieträgern bestehen bleibt. Die CO₂-Einsparung fällt mit 124 Tonnen in 10 Jahren zwar deutlich besser aus als im Bestand, bleibt aber deutlich hinter der vollelektrischen Variante 03 zurück (53 Tonnen in 10 Jahren). Die Lösung ist damit nicht langfristig klimazielkonform und entspricht nicht der beschlossenen Klimaneutralität in Leonberg bis 2040. Die Kombination von Wärmepumpe und Gastherme bedeutet eine höhere Komplexität in der Regelungstechnik, insbesondere bei Übergangszeiten. Auch die Wartung muss ggf. durch verschiedene Fachfirmen erfolgen. Auch wenn die Amortisation

bereits nach 10 Jahren gegeben ist, stellen doch die langfristige Entwicklung der Gaspreise sowie die politische Abhängigkeit von Gasimporten ein wirtschaftliches Risiko dar.

Variante 3 setzt vollständig auf zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen ohne fossile Komponenten. Sie ermöglicht den Betrieb mit 100 % Ökostrom und reduziert die CO₂-Emissionen erheblich. Diese Variante stellt die zukunftsfähigste und klimafreundlichste Lösung dar. Volle Elektrifizierung macht das System zwar abhängig von Stromverfügbarkeit und -preisen, gleichwohl sind auf dem Grundstück Photovoltaikanlagen vorhanden, die vrs. zeitnah auf Überschusseinspeisung (Eigenverbrauch) umgerüstet werden. Platz auf den Dächern für ggf. weitere PV-Anlagen wäre ebenso vorhanden.

Nachfolgend eine Gegenüberstellung der drei Varianten mit aktuellen Kosten für die einzelnen Varianten in brutto. Für Varianten 1 + 3 bestehen Fördermöglichkeiten bis zu 30 % der Investitionskosten (Heizungsanteil), für Variante 2 lediglich für den Anteil der Wärmepumpe. Gleichwohl ist dies in der Darstellung nicht berücksichtigt, da die Förderung nicht garantiert ist.

Ergänzend enthalten, sind neben den Kosten der reinen Heizung auch die weiteren Kosten (Elektrotechnik, notwendige Anpassung Zählerstandort etc.). Aufgrund der notwendigen Heizungssanierung muss der Zählerplatz angepasst bzw. neu aufgebaut werden, da dieser nicht mehr den aktuellen Richtlinien entspricht. Gleichwohl ergibt sich ein Synergieeffekt durch die auf den Dächern des Bauhofs vorhandene Photovoltaikanlage. Diese soll wie benannt von Volleinspeiseanlage auf Überschusseinspeisung ausgelegt werden, dafür wäre ohnehin eine Anpassung des Zählerplatzes notwendig.

Variante	Baukosten	Planungskosten	Gesamtkosten
V01	646.000 €	89.000 €	735.000 €
V02	343.000 €	50.000 €	393.000 €
V03	366.000 €	55.000 €	421.000 €

4. Weiteres Vorgehen

Das Ingenieurbüro für Versorgungstechnik IBV Lutz GmbH wird mit der Planungsleistung für die Wärmepumpen beauftragt. Durch die bereits erstellte Machbarkeitsstudie können Teile der Hauptplanungsleistungen entfallen. Die Ausführung der Heizungsinstandsetzung mit Lieferung und Einbau der Wärmepumpen werden avisiert für Oktober 2026 – April 2027. Aufgrund von aktuell nicht vorhersehbaren Lieferzeiten kann nicht garantiert werden, dass die Umsetzung komplett 2026 erfolgt. Im weiteren Verlauf wird die Planung konkretisiert und Angebote werden eingeholt. Des weiteren werden Arbeiten wie der notwendige Umbau des Zählerplatzes gestartet.

Anlage/n

- 1 Anlage_01 Bauhof Leonberg Machbarkeitsstudie (öffentlich)

Machbarkeitsstudie

LW-WMP gegenüber WW-WMP mit Abwasserwärmenutzung und
Gasspitzenlastkessel

Auftraggeber: Stadt Leonberg Gebäudemanagement
Belforter Platz
71229 Leonberg

Projekt: Baubetriebshof Leonberg
In der Au 14
71229 Leonberg

Projektnummer: 538

Unternehmen: IBV Lutz GmbH
Carl-Zeiss-Straße 11
70839 Gerlingen

Ersteller: Dennis Lehmann

Erstellung: 04.07.2025

Gliederung

1. Projektbeschreibung	3
2. Ziel der Sanierung	4
3. Bestandsaufnahme	5
3.1 Daten Heizungsanlage	6
3.2 Anlagenschema der Heizungszentrale	7
3.3 Strom- und Gasverbrauch mit verbundenen Kosten	8
3.4 Heizenergiebedarf	8
3.5 Heizenergie- und Warmwasserenergieverteilung	9
3.6 Daten Abwasserkanal	10
4. Abwasserwärmeenergie	11
4.1 Arten der Wärmeentnahme aus einem Abwasserkanal	11
4.2 Funktionsweise der Abwasserwärmenutzung	12
4.3 Wärmeentnahme im Bestandskanal	13
4.4 Vorteile und Nachteile der Wärmenutzung aus Abwasser	14
4.5 Betrachtung der Abwasserwärmenutzung vor dem Faulbecken	15
5. Sanierungslösungen	16
5.1 Variante 1	16
5.2 Variante 2	18
5.3 Variante 3	20
5.3 Gegenüberstellung	22
6. Wirtschaftlichkeitsanalyse	23
7. Ökologische Analyse	25
8. Empfehlung und Fazit	27
9. Hinweis zur Kostenschätzung und rechtlichen Rahmenbedingungen	28

1. Projektbeschreibung

- Der städtische Baubetriebshof Leonberg, In der Au 14, umfasst sechs Gebäude. Ein Verwaltungsgebäude, zwei Lagerhallen und drei Werkstätten. Die Wärmeversorgung erfolgt zentral über eine Heizungsanlage, die mit zwei Gasbrennwertkesseln ausgestattet ist.
- Von der Heizzentrale aus werden die einzelnen Gebäude über ein Verteilersystem mit Wärme versorgt, wodurch jedes Gebäude individuell angefahren und gesteuert wird. Aktuell basiert die gesamte Heizenergie auf fossilem Erdgas.
- Zusätzlich sind auf den Dächern von zwei Gebäuden Photovoltaik-Anlagen installiert.
- Im Folgenden wird untersucht, ob eine Wärmegewinnung aus dem nahegelegenen Abwasserkanal sinnvoll ist oder die Wärmeversorgung mittels Luft-/Wasser-Wärmepumpe realisiert werden sollte

Technikzentrale



2. Ziel der Sanierung

- **Verbesserung der Energieeffizienz:**

Die bestehende Heizungsanlage weist aufgrund ihres Alters und veralteter Technologien eine geringe Effizienz auf. Durch die Sanierung können moderne, energieeffiziente Systeme implementiert werden, die den Energieverbrauch signifikant senken und eine bessere Wärmeverteilung gewährleisten.

- **Reduzierung der Betriebskosten:**

Ineffiziente Heizungsanlagen führen zu hohen Energie- und Wartungskosten. Eine modernisierte Heizungsanlage kann den Brennstoffverbrauch, verringert oder in Gänze durch erneuerbare Energieträger ersetzen. Zudem kann der Wartungsaufwand gesenkt werden und somit die laufenden Kosten langfristig senken.

- **Klimaschutz und Einhaltung gesetzlicher Vorgaben:**

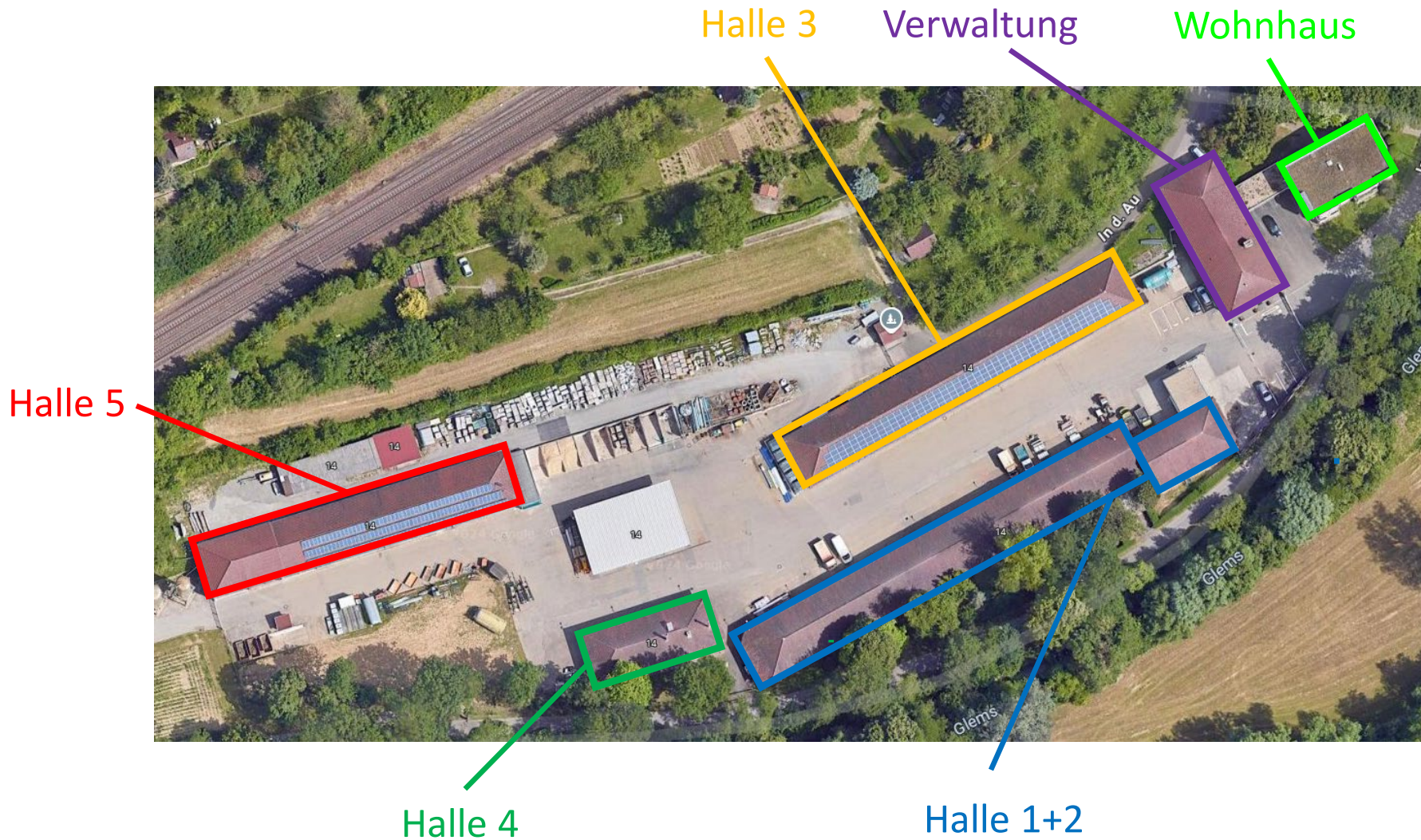
Die Sanierung trägt dazu bei, den CO₂-Ausstoß deutlich zu reduzieren und die Vorgaben der aktuellen Energieeinsparverordnungen (z. B. GEG) sowie der Klimaziele zu erfüllen. Zudem wird der ökologische Fußabdruck des Gebäudes verkleinert.

- **Sicherstellung des zukünftigen Betriebs:**

Ältere Anlagen sind anfälliger für Ausfälle und Ersatzteile sind oft schwer verfügbar. Eine Modernisierung gewährleistet die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit des Heizsystems.

Die Sanierung der Heizungsanlage kann daher eine notwendige Maßnahme sein, um ökonomische, ökologische und gesetzliche Anforderungen gleichermaßen zu erfüllen und die Versorgungssicherheit der Nutzer langfristig zu gewährleisten.

3. Bestandsaufnahme



3. Bestandsaufnahme

3.1 Daten Heizungsanlage

In der Heizzentrale sind zwei Gasbrennwertkessel installiert:

- Ein Viessmann Vitocrossal 200, Baujahr 2016, mit einer Wärmeleistung von 318 kW.
- Ein Elco-Klöckner Quadron 3, Baujahr 2006, mit einer Wärmeleistung von 396 kW.

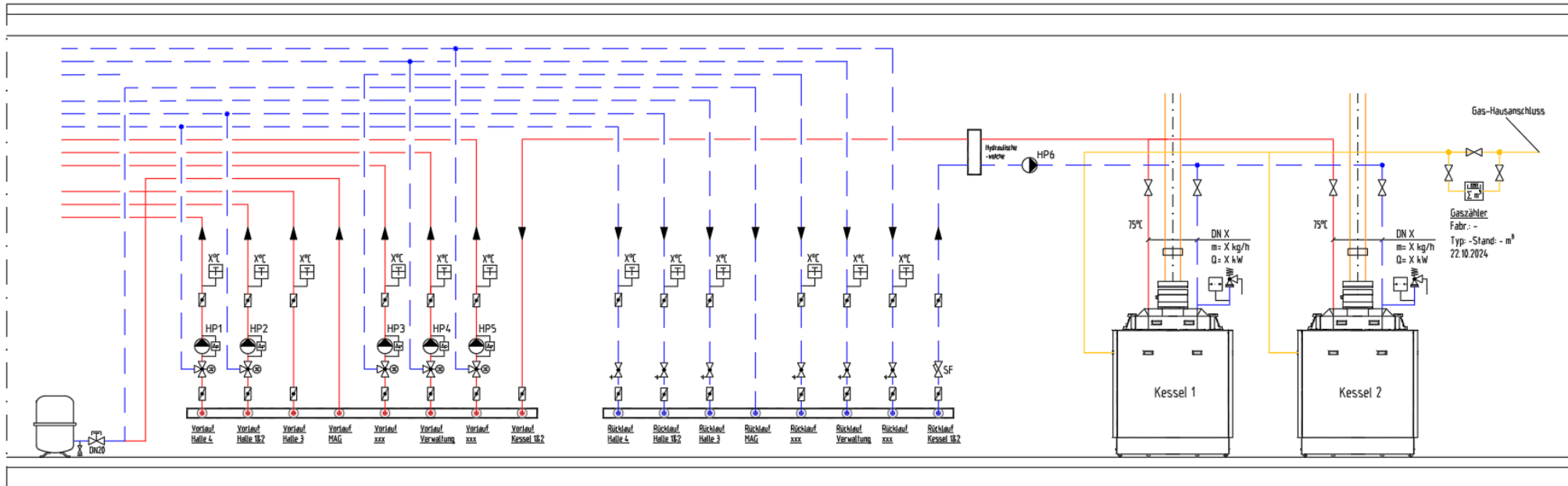
Der Gasverbrauch 2020-2023, der Heizungsanlage betrug $\varnothing H_0=524.843$ kWh/a, was mit Gaskosten von $\varnothing 31.594$ €/a verbunden war. Die Anlage verursacht aktuell CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 83 Tonnen pro Jahr.

Die Warmwasserbereitstellung erfolgt durch einen Warmwasserspeicher. Dieser wird von den Gasbrennwertkesseln versorgt.

Die Verteilung der Heizungsmassenströme erfolgt über zwei separate Balkenverteiler, bei denen Vorlauf und Rücklauf voneinander getrennt sind. Sechs Gruppen mit Pumpen und Mischern versorgen die einzelnen Gebäude.



3. Bestandsaufnahme 3.2 Anlagenschema Heizung im Bestand



MAG
 Fabr.: Reflex
 Typ:

Gas-Brennwertkessel (Bestand)
 Fabr.: Elco-Klöckner
 Typ: Quadron 3
 Q_n= 380 kW
 Kesselwasserinhalt: - 1
 Anlagendruck: 2 bar

Gas-Brennwertkessel (Bestand)
 Fabr.: Viessmann
 Typ: Vitocrossal 200
 Q_n= 318 kW
 Kesselwasserinhalt: - 1
 Anlagendruck: 2 bar

3. Bestandsaufnahme

3.3 Strom- und Gasverbrauch mit verbundenen Kosten im Jahr

Jahr	Gasverbrauch	Gasverbrauch	Gaskosten (netto)	spezifischer Gaspreis (netto)	Stromverbrauch allgemein	Stromkosten (netto)	spezifischer Strompreis (netto)
2020	49.226 m³/a	H _o = 541.486 kWh/a H _u = 488.962 kWh/a	28.019 €/a	0,0517 €/kWh	83.327 kWh/a	20.965 €/a	0,25 €/kWh
2021	57.785 m³/a	H _o = 635.635 kWh/a H _u = 573.978 kWh/a	31.029 €/a	0,0488 €/kWh	82.513 kWh/a	20.594 €/a	0,25 €/kWh
2022	48.056 m³/a	H _o = 528.616 kWh/a H _u = 477.340 kWh/a	36.339 €/a	0,0687 €/kWh	85.407 kWh/a	17.088 €/a	0,20 €/kWh
2023	35.784 m³/a	H _o = 393.624 kWh/a H _u = 355.442 kWh/a	30.989 €/a	0,0787 €/kWh	73.434 kWh/a	13.701 €/a	0,19 €/kWh

3.4 Heizenergiebedarf

Gebäude	Jahr	Flächen	Gasverbrauch	H _o	Klima-faktor	H _o (Witterungsbe.)	Heizungsanlage	Q _{nutz} aus H _o
Gesamt	2020	3933 m²	49.226 m³/a	541.486 kWh/a	0,98	552.537 kWh/a	η _{Anlage} = 0,90	487.337 kWh/a
Gesamt	2021	3933 m²	57.785 m³/a	635.635 kWh/a	1,01	629.342 kWh/a	η _{Anlage} = 0,90	572.072 kWh/a
Gesamt	2022	3933 m²	48.056 m³/a	528.616 kWh/a	0,90	587.351 kWh/a	η _{Anlage} = 0,90	475.754 kWh/a
Gesamt	2023	3933 m²	35.784 m³/a	393.624 kWh/a	0,89	442.274 kWh/a	η _{Anlage} = 0,90	354.262 kWh/a
Durchschnitt	-	3933 m²	47.713 m³/a	524.843 kWh/a	-	552.876 kWh/a	η _{Anlage} = 0,90	472.356 kWh/a

Für die weiteren Berechnungen wurde das Jahr 2023 verwendet, da in diesem Jahr die Raumtemperaturen abgesenkt wurden und es somit repräsentativer ist als die vorangegangenen Jahre.

3. Bestandsaufnahme

3.5 Heiz- und Warmwasserenergieverteilung 2020-2023

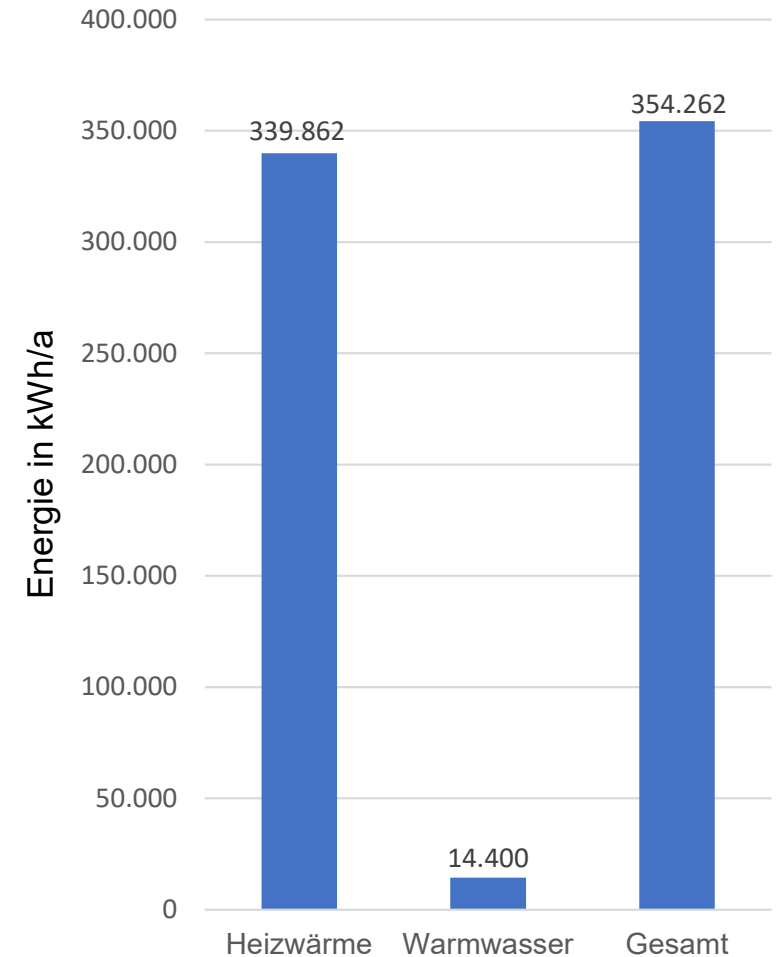
Gebäude	Jahr	Fläche	Q_{nutz}	$Q_{nutz,Trinkw.}=4\%$	$Q_{nutz,Heiz.}$
Gesamt	2020	3933 m ²	487.337 kWh/a	19.494 kWh/a	467.843 kWh/a
Gesamt	2021	3933 m ²	572.072 kWh/a	22.883 kWh/a	549.189 kWh/a
Gesamt	2022	3933 m ²	475.754 kWh/a	19.030 kWh/a	456.724 kWh/a
Gesamt	2023	3933 m ²	354.262 kWh/a	14.400 kWh/a	339.862 kWh/a
Durchschnitt	-	-	472.356 kWh/a	18.952 kWh/a	453.404 kWh/a

- Der größte Teil der Nutzenergie wird für die Beheizung der Gebäude benötigt

Die prozentuale Energieverteilung liegt bei ca.

- Heizenergie: 96%
- Warmwasserenergie: 4%

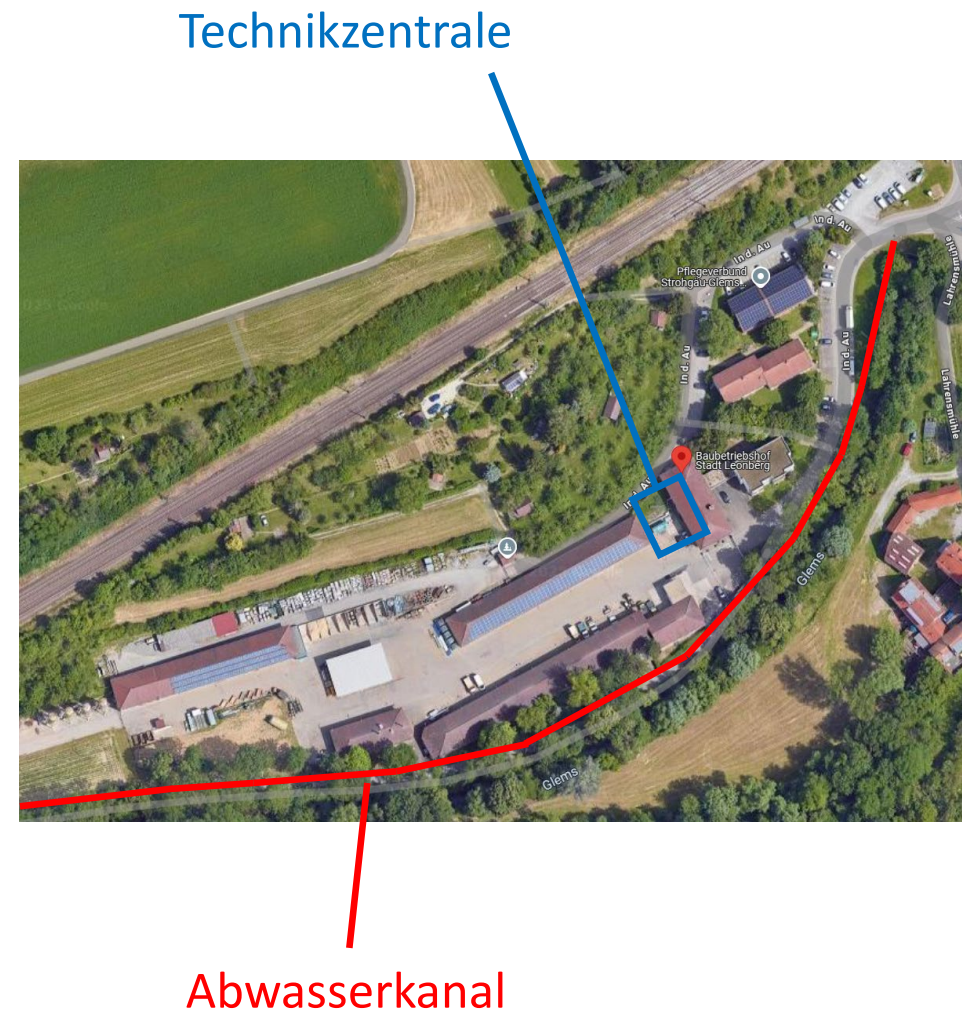
Nutzenergieverteilung Q_{nutz}
für 2023



3. Bestandsaufnahme

3.6 Daten Abwasserkanal

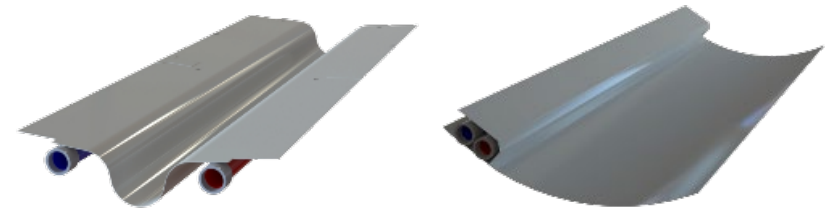
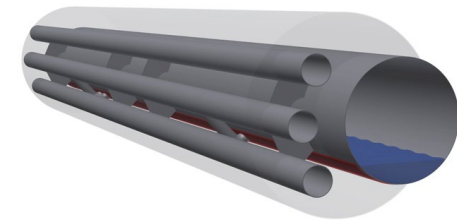
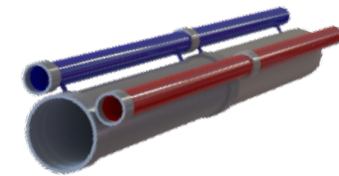
- Über das Gelände des Baubetriebshofs verläuft ein Hauptabwasserkanal der Stadt Leonberg mit einer Nennweite von DN 600.
- Dieser Kanal führt etwa 50 % des gesamten Abwassers der Stadt Leonberg ab. Ca. (30 l/s.)
- Zusätzlich erfolgt eine Einleitung von Regenwasser in den Kanal.
- In der rechten Abbildung ist der Verlauf des MW-Kanals zu sehen. Der Kanal verläuft in einem langgezogenen Bogen an dem Betriebsgelände des Bauhofs vorbei.
- Die Entfernung zwischen dem Abwasserkanal und der Technikzentrale beträgt rund 30 m.



4. Abwasserwärmeenergie

4.1 Arten der Wärmeentnahme aus einem Abwasserkanal

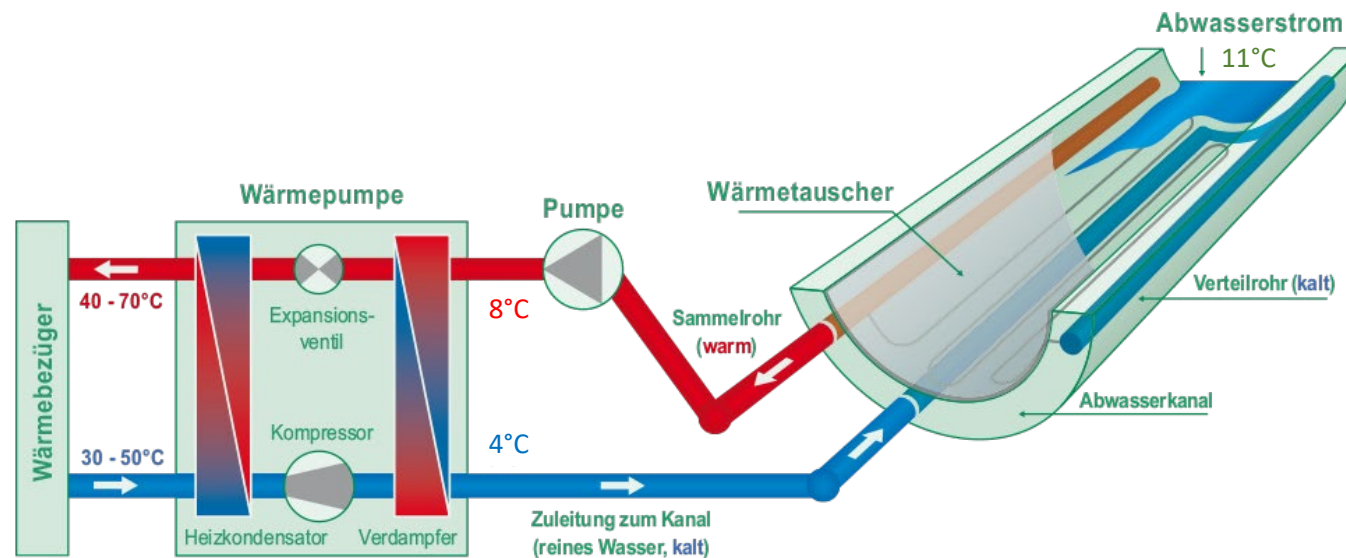
- Grundsätzlich existieren drei Varianten der Wärmerückgewinnung aus Abwasserkanälen ohne extra ein Gebäude mit Bypass Wärmeübertrager bauen zu müssen.
- **Direkte Nutzung des Kanals als Wärmeübertrager:**
Bei dieser Methode fungiert das gesamte Kanalrohr als Wärmeübertrager. Die Umsetzung ist jedoch ausschließlich bei Neubauten möglich und auf Rohrnenweiten bis maximal DN 400 beschränkt.
- **Integrierter Wärmeübertrager in der Rohrsohle:**
Hierbei wird ein Wärmeübertrager direkt in die Sohle des Abwasserkanals integriert. Diese Variante ist erst ab einer Nennweite von DN 800 technisch realisierbar und ebenfalls nur bei einem Neubau des Kanals.
- **Modulare Wärmeübertragersysteme:**
In dieser Variante werden vorgefertigte Wärmeübertragermodule mit einer Länge von etwa 1–2 m hintereinander in den Kanal eingebracht. Ab einer Nennweite von DN 800 ist der Einbau mit geringem Aufwand möglich. In Kanälen mit Nennweiten zwischen DN 400 und DN 600 muss der Einbau hingegen mit Hilfe von Robotik erfolgen.



4. Abwasserwärmeenergie

4.2 Funktionsweise der Abwasserwärmenutzung

- Bei der Abwasserwärmenutzung wird ein Wärmeübertrager in den bestehenden Kanal eingebracht.
- Mit diesem Wärmeübertrager wird dem im Jahresdurchschnitt ca. 11 °C warmen Abwasser Energie entzogen.
- Dabei wird die Temperatur des Wärmepumpenrücklaufs von 4 °C auf 8 °C angehoben.
- Die Abwassertemperatur wird dabei um ca. 0,75 K gesenkt.
- Um die Wärme nutzbar zu machen, muss das 11 °C warme Wasser auf 40–70 °C angehoben werden.
- Dies wird durch eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe realisiert.



4. Abwasserwärmeenergie

4.3 Wärmeentnahme im Bestandskanal

- Berechnung Wärmeentnahme im Kanal bei einem durchschnittlichen Volumenstrom von 30 l/s und einer Temperaturdifferenz von 0,75 K

1. Massenstrom im Kanal:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{Abwass.} &= \dot{V} \cdot \rho = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 30 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

2. entnommene Wärmemenge pro Sekunde:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Abwass.} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 30 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,18 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \right) \cdot 0,75 \text{ K} \\ &= 62,7 \text{ kW}\end{aligned}$$

3. entnommene Wärmemenge pro Stunde:

$$\dot{Q}_{Abwass.} = 94 \text{ kWh}$$

- Damit werden 120 kW Heizleistung erreicht

Rahmendaten Wärmeübertrager	
Massenstrom im Abwasserkanal	30 kg/s
∅ Abwassertemperatur	11°C
Eintrittstemp. Wärmeübertrager (Rücklauf Wärmepumpe)	4°C
Austrittstemp. Wärmeübertrager (Vorlauf Wärmepumpe)	8°C
Entnommene Wärmemenge	62,7 kWh
Heizleistung Wärmepumpe ca.	120 kW
Länge Wärmeübertrager ca.	75 m
Kosten Wärmeübertrager netto.	234.000 €

4. Abwasserwärmeenergie

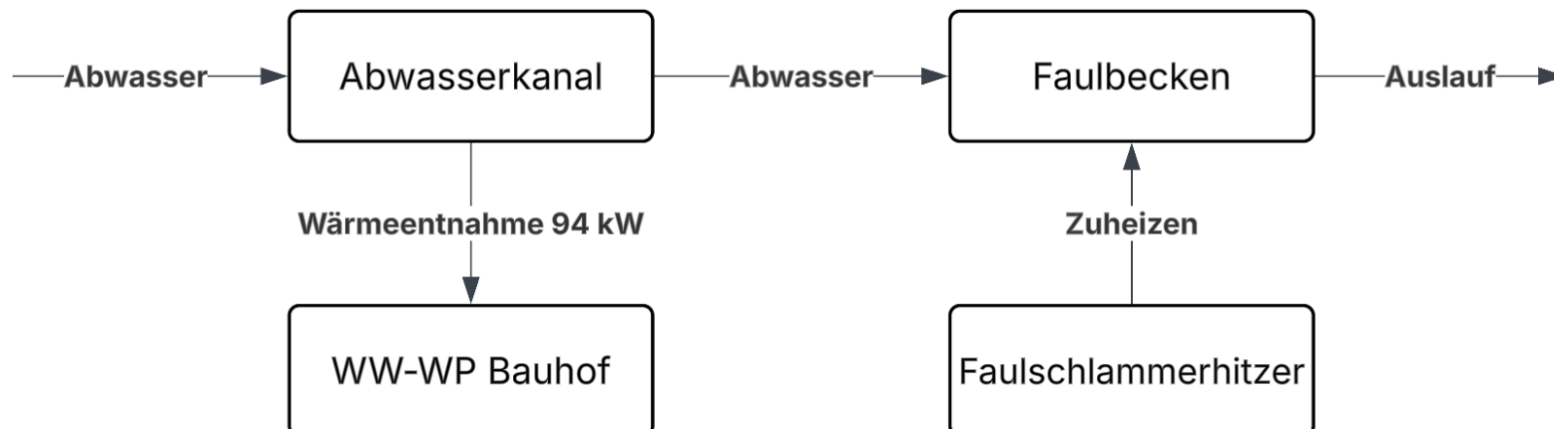
4.4 Vorteile und Nachteile der Wärmenutzung aus Abwasser

Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none">• Lebensdauer von bis zu 40 Jahren	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Investitionskosten
<ul style="list-style-type: none">• Quelltemperatur auch im Winter nicht unter 8°C	<ul style="list-style-type: none">• Wartungsaufwand durch Verschmutzung des Wärmeübertragers
<ul style="list-style-type: none">• Relativ konstanter COP der Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none">• Durch die Vermischung des Abwassers mit dem Regenwasser im Winter sinkt die Abwassertemperatur.
	<ul style="list-style-type: none">• Leistungseinbruch bei geringem Volumenstrom.
	<ul style="list-style-type: none">• Zurückgang des Abwasservolumenstroms durch Wassersparmaßnahmen.
	<ul style="list-style-type: none">• Nachheizung im Klärwerk bei niedrigen Außentemperaturen (Aufrechthaltung der Anaeroben Schlammfäulung)

4. Abwasserwärmeenergie

4.5 Betrachtung der Abwasserwärmenutzung vor dem Faulbecken

- Entnahme erfolgt vor dem Faulbecken → Abwassertemperatur sinkt.
- Faulbecken benötigt jedoch konstante Temperatur (~35–38 °C).
- Entnommene Wärme muss in den kalten Monaten bilanziell komplett ersetzt werden.
- Nur bedingte ökologische und wirtschaftliche Einsparung
- Wärmeentnahme nach dem Faulbecken wäre sinnvoller



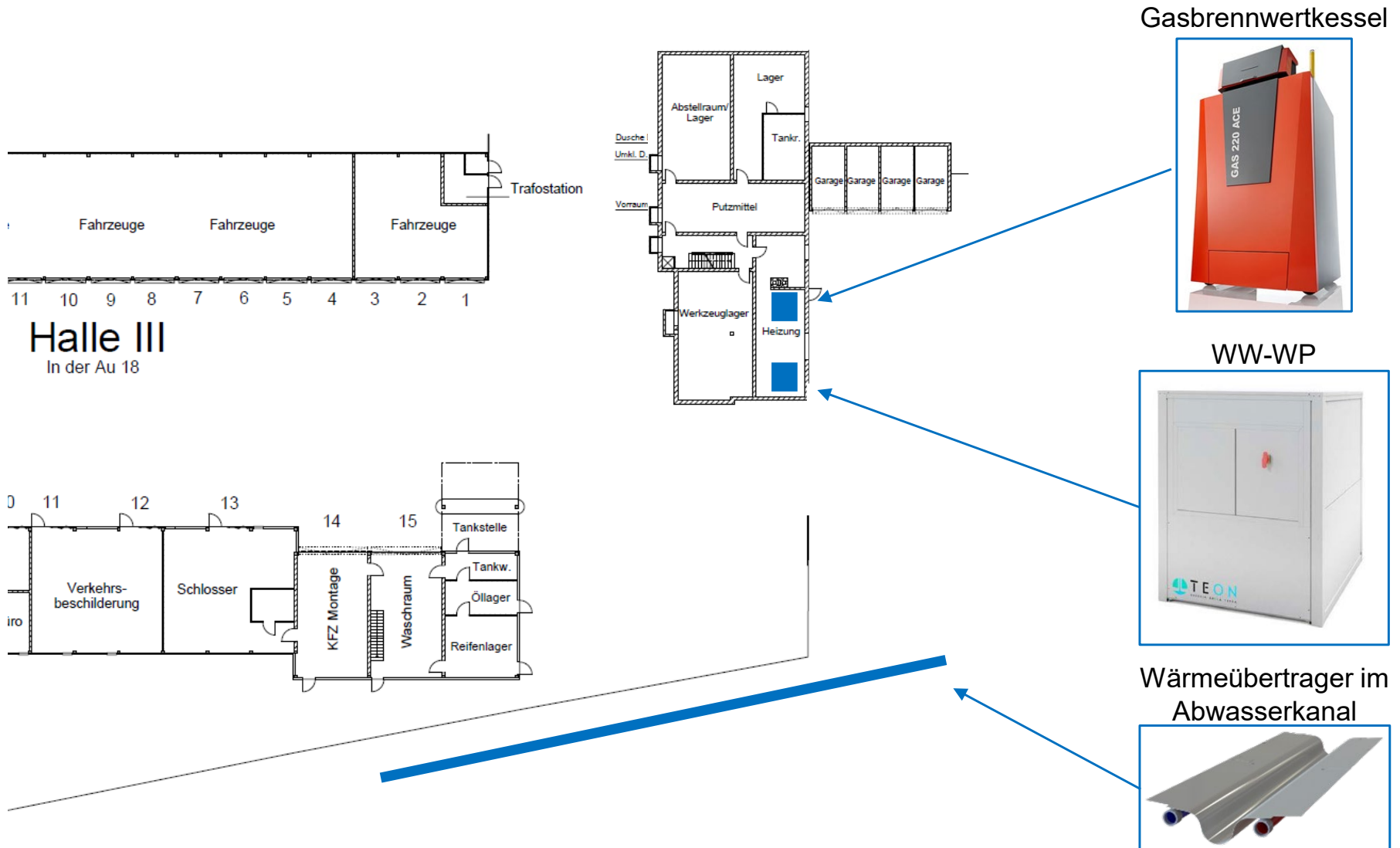
5. Sanierungslösungen

5.1 Variante 1: WW-WP mit Abwasserwärmeübertrager und einem Gasbrennwertkessel

- Die Anlage nutzt ein hybrides Wärmeerzeugungssystem, bestehend aus einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe, einem Abwasserwärmeübertrager als regenerative Wärmequelle und einem Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel:
- Abwasserwärmeübertrager:
Ein im Abwasserkanal integrierter Wärmeübertrager entzieht dem kontinuierlich anfallenden Abwasser (mit einer Durchschnittstemp. von 11°C) thermische Energie. Diese Energie wird über einen Primärkreislauf zur Verdampferseite der Wärmepumpe geführt. Die dem Abwasser maximal entzogene Wärmeleistung beträgt 94 kW.
- Wasser-Wasser-Wärmepumpe:
Die Wärmepumpe nutzt die dem Abwasser über den Wärmeübertrager entzogene Wärme, um das Heizwasser sowohl für die Raumheizung als auch für die Trinkwassererwärmung auf bis zu 65 °C zu erwärmen. Sie deckt die Grundlast des Wärmebedarfs und arbeitet dank der moderaten Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizsystem besonders effizient. Die WW-WP hat eine Heizleistung von 120 kW.
- Gasbrennwertkessel:
Für Spitzenlastzeiten oder wenn die Wärmepumpe nicht ausreichend Wärme liefern kann, wird ein Gasbrennwertkessel zugeschaltet. Dieser arbeitet mit hoher Effizienz durch Kondensation der Abgase und sichert die Versorgungssicherheit. Der Gasbrennwertkessel hat eine Heizleistung von 210 kW.
- Hydraulische Einbindung:
Beide Wärmeerzeuger speisen in einen gemeinsamen Heizkreislauf ein. Die Regelung priorisiert die Wärmepumpe und aktiviert den Kessel bei Bedarf.
- Zur Optimierung des Anlagenbetriebs wird ein ca. 1900 Liter großer Pufferspeicher in das Heiznetz integriert. Dadurch kann die Anlage gleichmäßiger betrieben werden, was das häufige Ein- und Ausschalten (Takten) deutlich reduziert. Der Wärmeerzeuger läuft so länger im effizienteren Lastbereich, was den Energieverbrauch und den Verschleiß reduziert.

5. Sanierungslösungen

5.1 Variante 1: WW-WP mit Abwasserwärmeübertrager und einem Gasbrennwertkessel



5. Sanierungslösungen

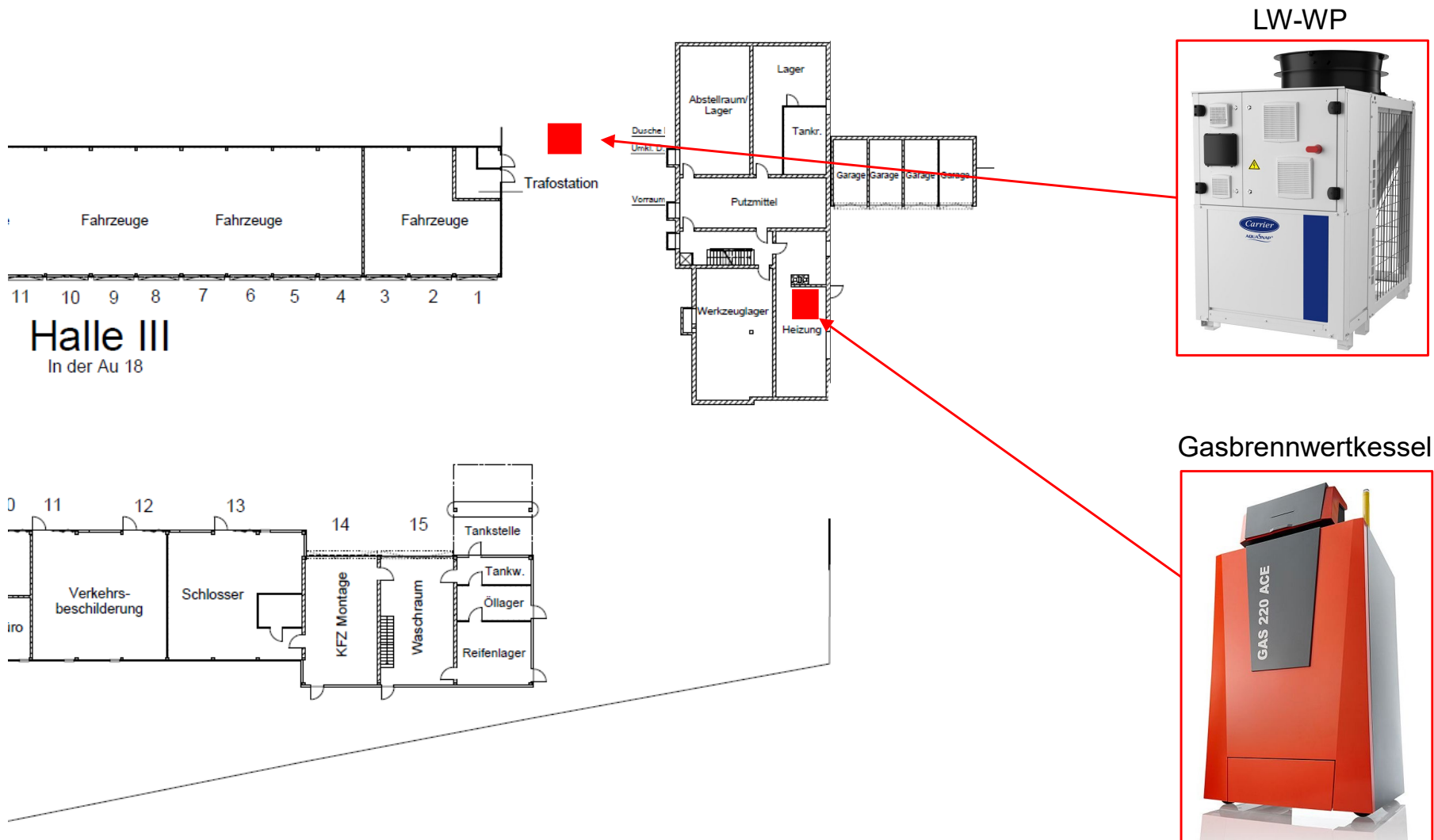
5.2 Variante 2: LW-WP mit einem Gasbrennwertkessel

Die Anlage soll dahingehend modifiziert werden, dass der alte Gaskessel ausgebaut und durch eine moderne Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Gasbrennwertkessel ersetzt wird.

- Die Anlage nutzt ein hybrides Wärmeerzeugungssystem, bestehend aus einer Luft-Wasser-Wärmepumpe als Hauptwärmeerzeuger und einem Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel:
- Luft-Wasser-Wärmepumpe:
Die Wärmepumpe entzieht der Umgebungsluft thermische Energie, auch bei niedrigen Außentemperaturen. Diese wird genutzt, um das Heizwasser auf ein Temperaturniveau von bis zu 65 °C zu bringen. Sie deckt die Grundlast des Heizwärmebedarfs. Die LW-WP hat eine Heizleistung von 115 kW. Die Wärmepumpe wird mit natürlichem Kältemittel R290 betrieben und erfüllt somit alle Vorgaben der aktuellen Gesetzeslage.
- Gasbrennwertkessel:
In Zeiten hoher Wärmeanforderung oder bei ungünstigen Betriebsbedingungen (z. B. sehr niedrige Außentemperaturen) wird ein Gasbrennwertkessel zur Unterstützung zugeschaltet. Durch die Nutzung der Kondensationswärme der Abgase arbeitet der Kessel sehr effizient und stellt die Versorgungssicherheit sicher. Die Heizleistung des Gasbrennwertkessels beträgt 210 kW
- Hydraulische Einbindung:
Beide Wärmeerzeuger speisen in einen gemeinsamen Heizkreis ein. Die Regelstrategie priorisiert den Betrieb der Wärmepumpe, während der Gasbrennwertkessel nur bei Bedarf zur Abdeckung von Spitzenlasten zugeschaltet wird.
- Zur Optimierung des Anlagenbetriebs wird ein ca. 1900 Liter großer Pufferspeicher in das Heiznetz integriert. Dadurch kann die Anlage gleichmäßiger betrieben werden, was das häufige Ein- und Ausschalten (Takten) deutlich reduziert. Der Wärmeerzeuger läuft so länger im effizienteren Lastbereich, was den Energieverbrauch und den Verschleiß reduziert.

5. Sanierungslösungen

5.2 Variante 2: LW-WP mit einem Gasbrennwertkessel



5. Sanierungslösungen

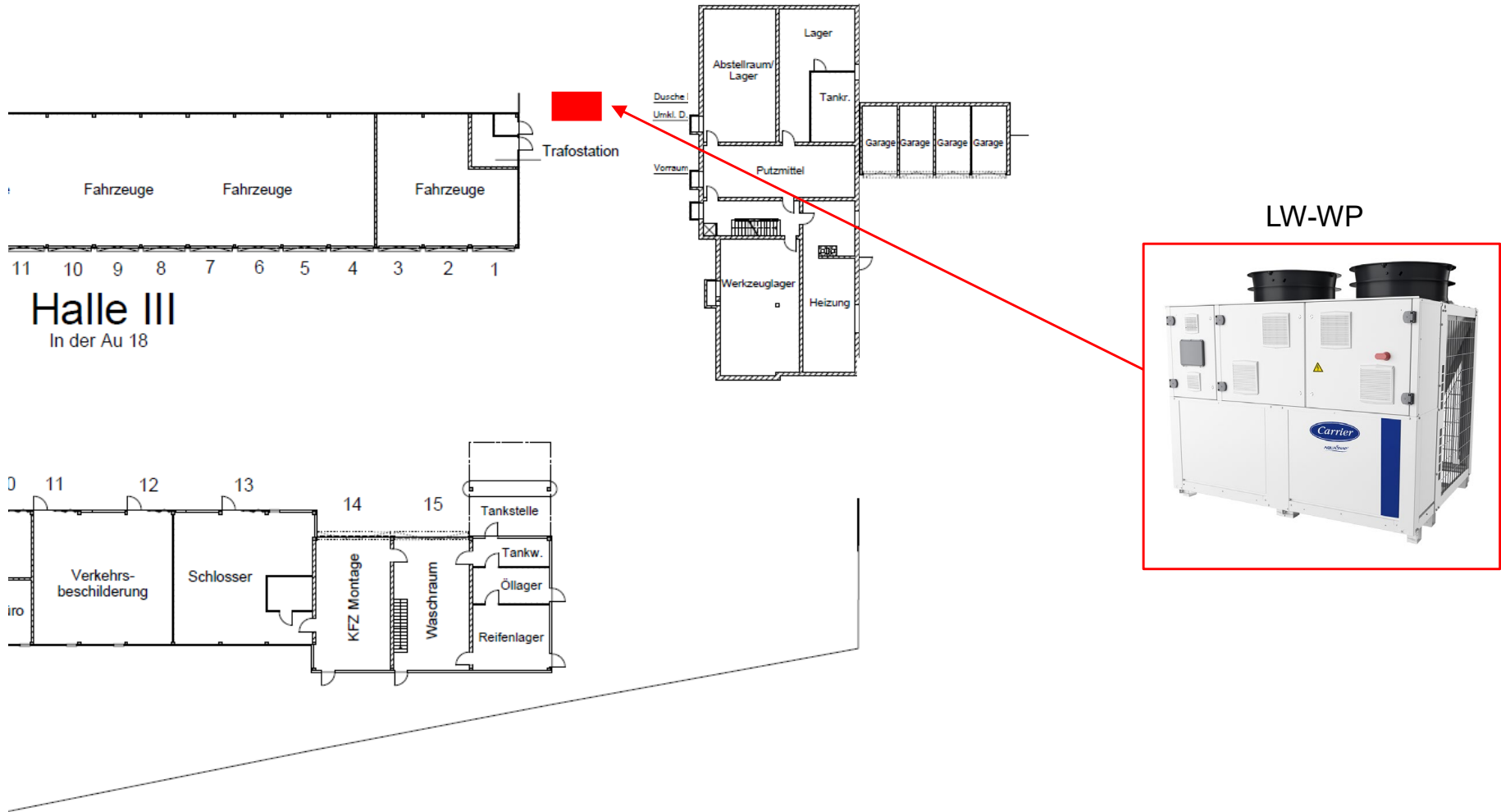
5.3 Variante 3: Zwei LW-WP

Die Anlage soll dahingehend modifiziert werden, dass der alte Gaskessel ausgebaut wird und durch eine moderne Luft/Wasser-Wärmepumpe ersetzt wird.

- Zum Einsatz könnten z.B. zwei Wärmepumpen der Marke Carrier kommen. Diese haben jeweils eine Heizleistung von ca. 115 kW. Die Wärmepumpe wird außen aufgestellt und ist mit dem Kältemittel R290 befüllt. Dadurch erfüllt sie alle gesetzlichen Auflagen.
- Der Erneuerbare-Energien-Anteil (EE-Anteil) einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beträgt bei Nutzung eines herkömmlichen Stromtarifs ca. 76 %. Dieser Wert ergibt sich aus dem Umrechnungsfaktor, wonach etwa drei Viertel der von der Wärmepumpe bereitgestellten Wärmeenergie aus der Umwelt (Luft) stammt, während rund ein Viertel als elektrische Antriebsenergie zugeführt wird, diese elektrische Energie stammt bei einem herkömmlichen Strommix nur teilweise aus erneuerbaren Quellen. Wird jedoch ein Stromtarif mit 100 % Ökostrom genutzt, erhöht sich der EE-Anteil auf 100 %. In diesem Fall stammt nicht nur die Umweltwärme aus erneuerbarer Quelle, sondern auch der eingesetzte Strom vollständig aus erneuerbarer Erzeugung (z. B. Wind- oder Solarstrom).
- Zur Optimierung des Anlagenbetriebs wird ein ca. 1900 Liter großer Pufferspeicher in das Heiznetz integriert. Dadurch kann die Anlage gleichmäßiger betrieben werden, was das häufige Ein- und Ausschalten (Takten) deutlich reduziert. Der Wärmeerzeuger läuft so länger im effizienteren Lastbereich, was den Energieverbrauch und den Verschleiß reduziert.

5. Sanierungslösungen

5.3 Variante 3: LW-WP



5. Sanierungslösungen

5.3 Gegenüberstellung der möglichen Lösungen

	Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Hauptkomponenten	Gaskessel 318 kW	Gasbrennwertkessel 210 kW + Abwasserwärmeübertrager + WW-WP 120 kW	Gasbrennwertkessel 210 kW+ zwei LW-WP mit jeweils 115 kW	zwei LW-WP mit jeweils 115 kW
Investitionskosten	-	403.500 €	150.500 €	197.500 €
Mögliche Förderungen	-	30% ca. 104.400 €	30% ca. 25.500 €	30% ca. 57.000 €
Gasverbrauch in 10 Jahren	4.081.457 kWh	1.142.037 kWh	382.146 kWh	-
Gaskosten in 10 Jahren (Preissteigerung 3%)	436.716 €	123.340 €	42.036 €	-
Stromverbrauch in 10 Jahren	4505 kWh	618.120 kWh	1.162.324 kWh	1.329.357 kWh
Stromkosten in 10 Jahren (Preissteigerung 2%)	2.347 €	139.077 €	261.523 €	297.776 €
Wartungskosten in 10 Jahren	6.143 €	34.391 €	19.545 €	26.805 €
CO2 in 10 Jahren (Öko.-Strom)	829 Tonnen	255 Tonnen	124 Tonnen	53 Tonnen
Betriebskosten in 10 Jahren	445.458 €	296.805 €	323.102 €	325.998 €
Gesamtkosten in 10 Jahren (inkl. Investition)	445.206 € ohne Investition	595.905 €	445.102 €	466.498 €
Amortisationsdauer	-	17,8 Jahre	10 Jahre	11,1 Jahre

6. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das rechts stehende Diagramm beinhaltet die Kosten der einzelnen Anlagentypen über einen Zeitraum von 10 Jahren. In der Analyse laufen folgende Punkte ein.

1. Betriebskosten:

Die jährlichen Kosten für Energie wie Strom und Gas werden dargestellt, wobei prognostizierte Preissteigerungen von 2% für Strom und 3% für Gas einbezogen wurden.

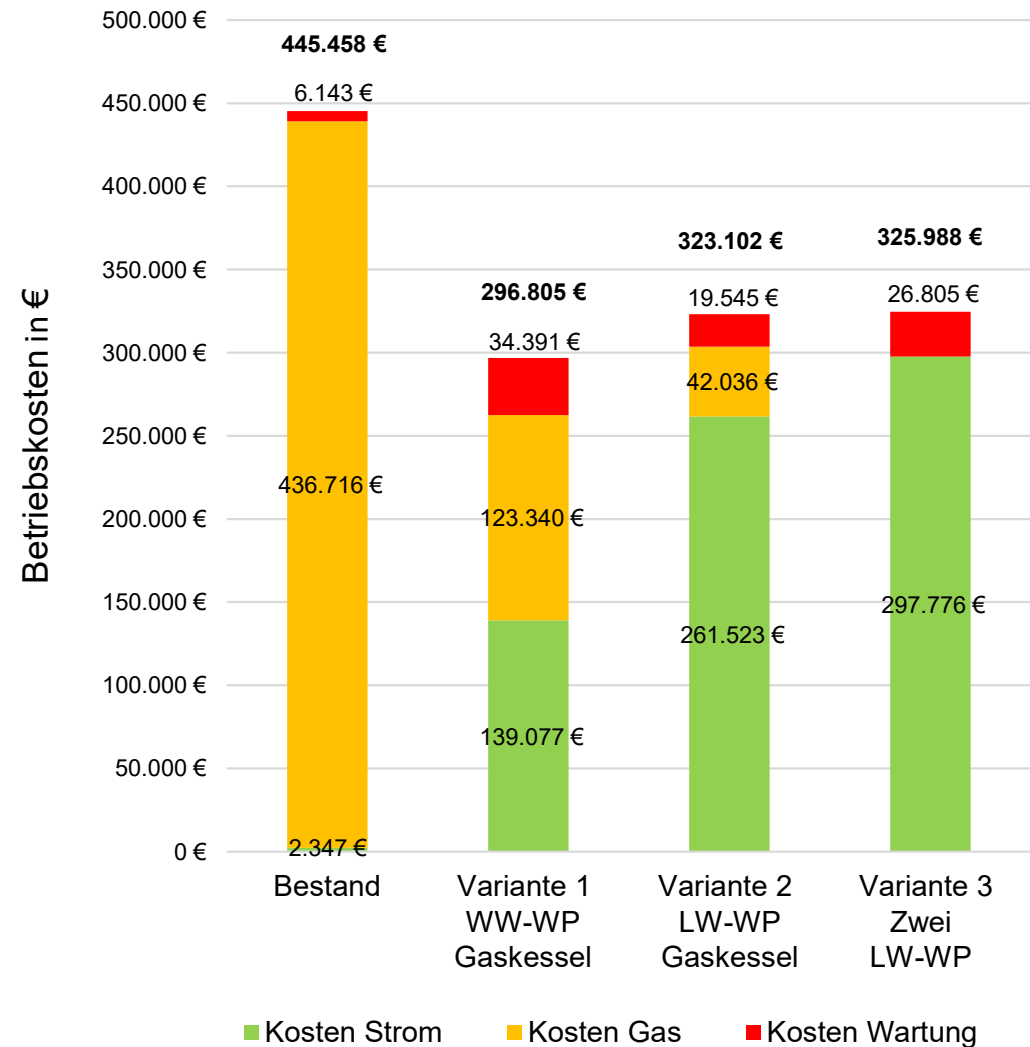
2. Wartungs- und Unterhaltungskosten:

Regelmäßige Wartungsarbeiten sowie Reparaturen wurden ebenfalls hochgerechnet, einschließlich einer Anpassung an die voraussichtliche Lohnentwicklung.

Über 10 Jahre gerechnet hat die Variante 1 die niedrigsten Betriebskosten, mit 296.805 € in 10 Jahren

Die Bestandsanlage hat über den Zeitraum von 10 Jahre Betriebskosten in Höhe von 445.458 €

Betriebskosten über 10 Jahre



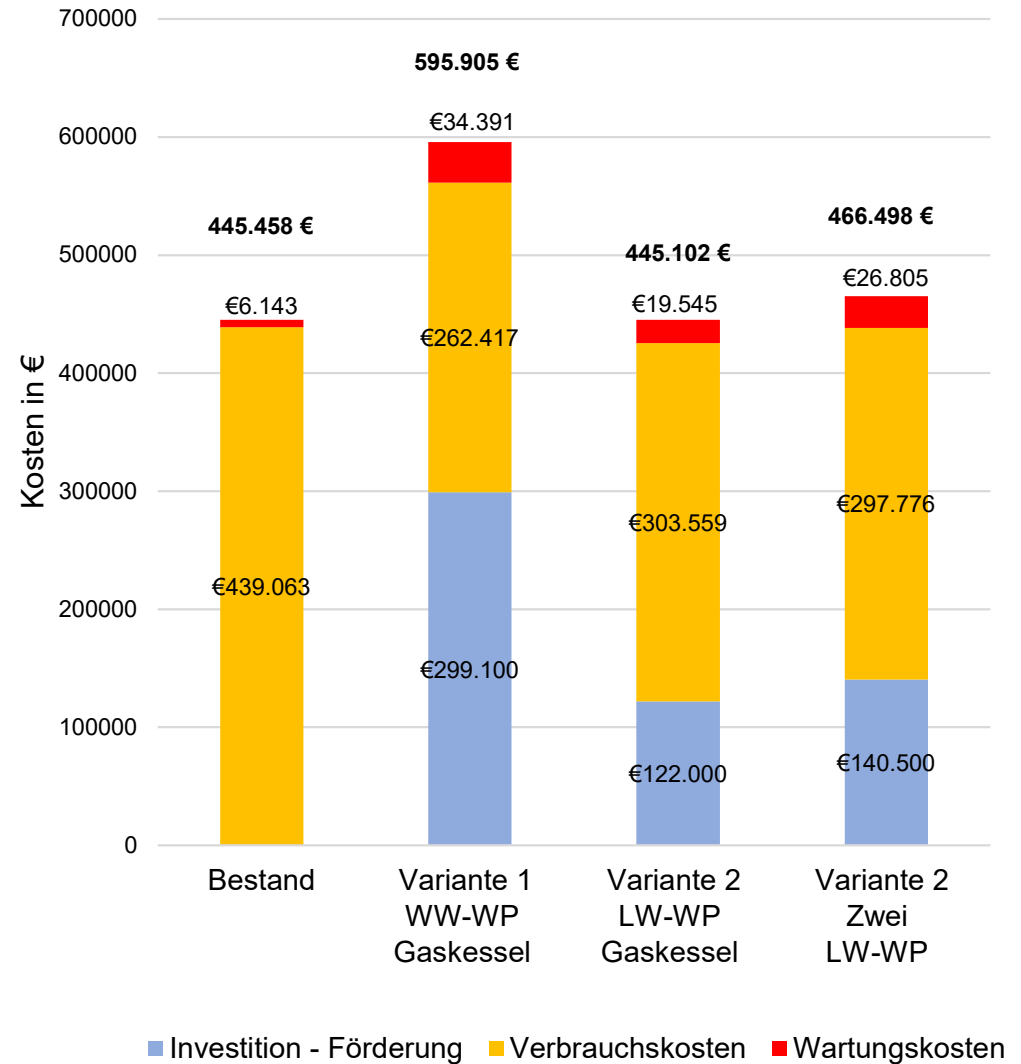
6. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die in den vorangegangenen Diagrammen und Tabellen aufgeführten Kosten wurden in diesem Diagramm zusammengeführt, welches die **absolute Kostenentwicklung** der jeweiligen Variante über einen Zeitraum von 10 Jahren darstellt.

Das Diagramm verdeutlicht:

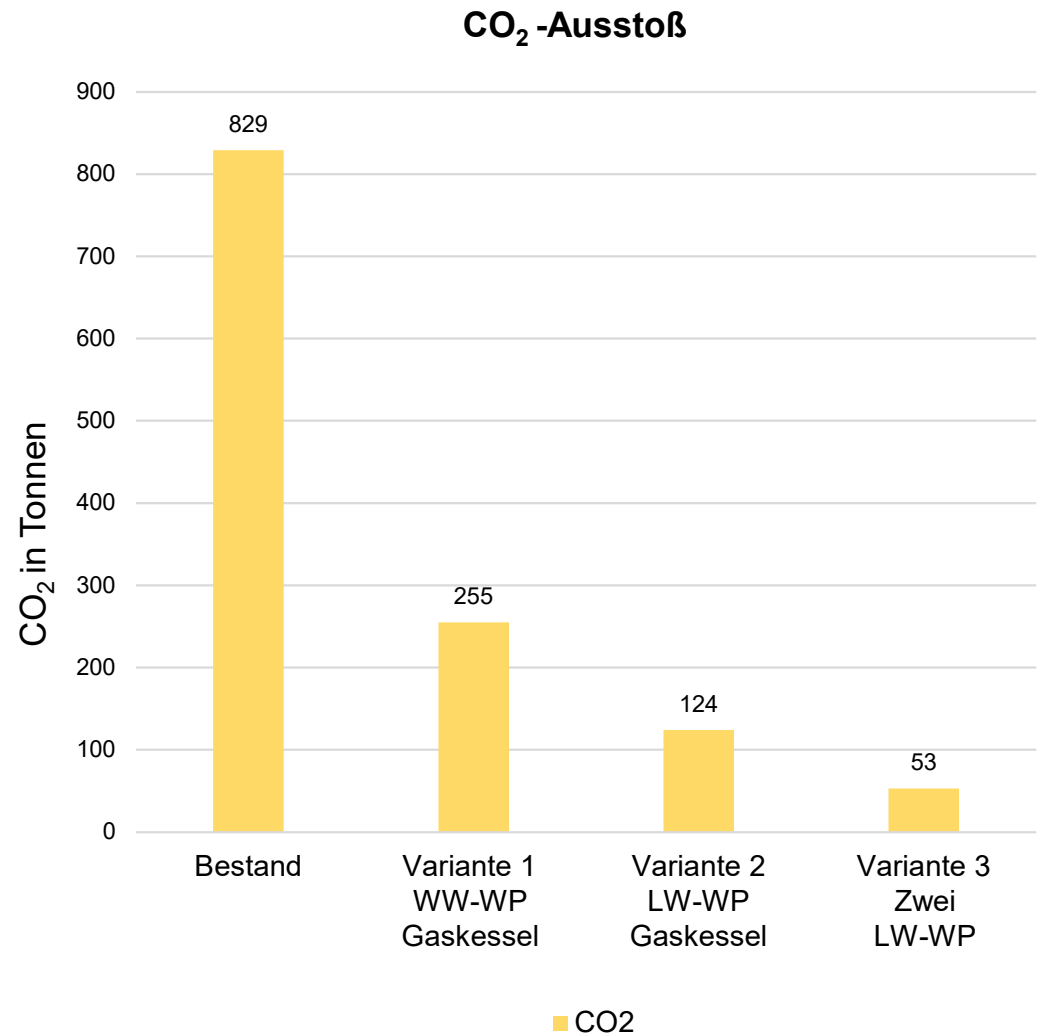
- Die langfristige finanzielle Belastung der einzelnen untersuchten Varianten, einschließlich **Investitionskosten, Betriebs-, Wartungs- und Unterhaltungskosten** sowie der **prognostizierten Preissteigerungen** für Energie und Löhne.
- Am Ende der 10 Jahre hat die Variante 2 mit 445.102 € die geringsten Kosten. Es sind im Vergleich zur Bestandsanlage ca. 356 € (!) weniger in 10 Jahren.

Gesamtkosten über die nächsten 10 Jahre



7. Ökologische Analyse

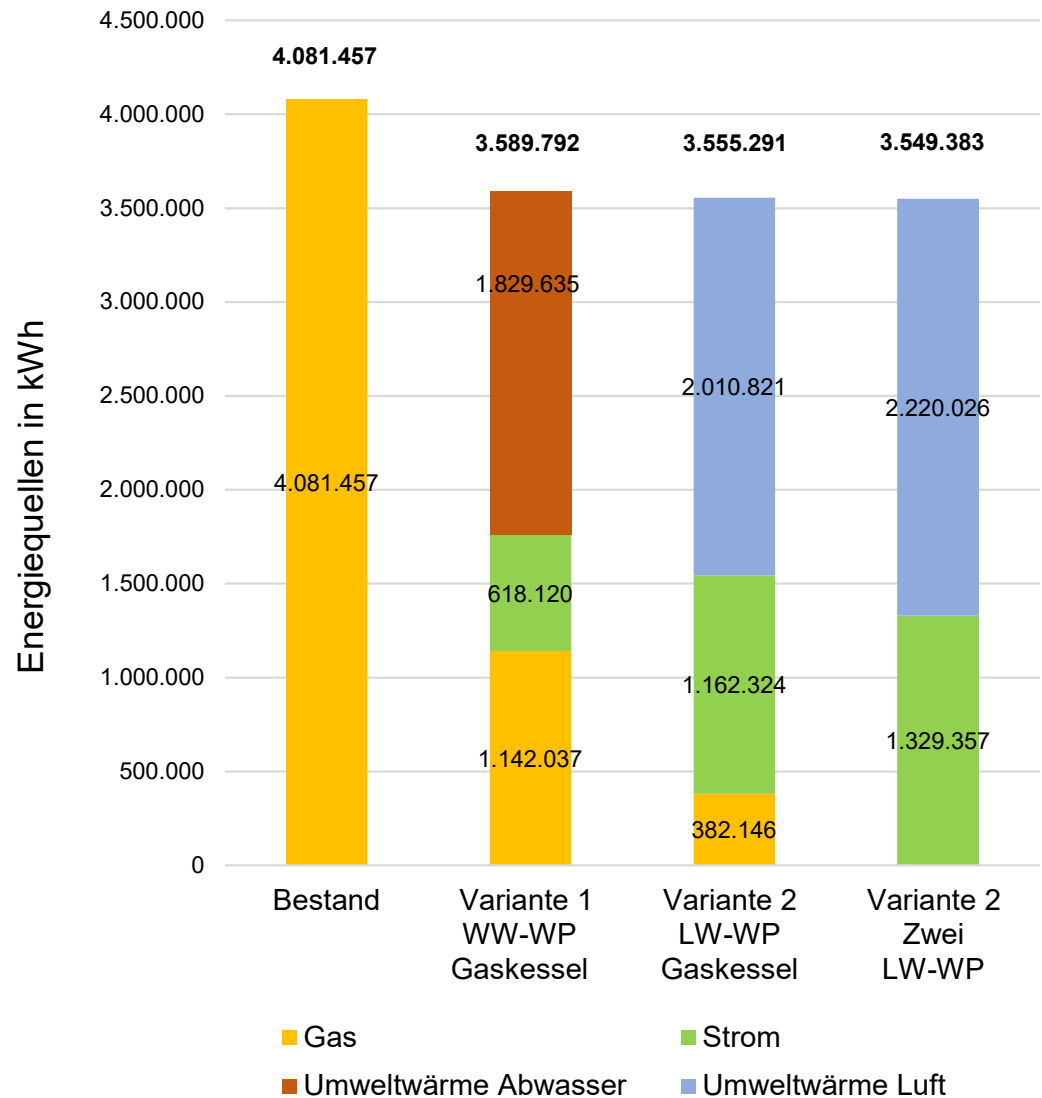
- Über einen Zeitraum von 10 Jahren unterscheiden sich die Heizungsanlagentypen erheblich im Hinblick auf ihren CO₂-Ausstoß. Dies hat direkte Auswirkungen auf die Betriebskosten, da die CO₂-Steuer, die auf fossile Brennstoffe erhoben wird, in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter steigen wird.
- Die Variante 3 hat mit 53 Tonnen in 10 Jahren den geringsten CO₂-Ausstoß (mit Öko-Strom)
- Somit hat die Variante 3 ca. 94 % weniger CO₂ Ausstoß, als die Bestandsanlage.
- Die Variante 1 hat mit 255 Tonnen ca. 69 % weniger CO₂ Ausstoß.
- Und bei der Variante 2 ist er um ca. 85 % reduziert.



7. Ökologische Analyse

- Die unterschiedlichen Varianten beziehen ihre Energie aus verschiedenen Quellen, was in Bezug auf den Energieverbrauch und die Energiequellenverteilung deutlich wird. Bei Anlagen wie Wärmepumpen wird der Großteil der benötigten Energie aus Strom bezogen, während Gasbrennwertkessel hauptsächlich auf Gas angewiesen sind. Hybridlösungen hingegen kombinieren Gas und Strom, wobei der Anteil je nach Betriebsweise unterschiedlich sein kann.
- Durch den COP von 3-4 einer LW-WP oder WW-WP ist die Summe der bezogenen Gesamtenergiequellen bei den Varianten mit größerem Wärmepumpenanteil deutlich niedriger
- Deshalb muss die aufgenommene Umweltwärme berücksichtigt werden. Die Menge an aufgenommener Umweltwärme muss nicht in Form von Gas oder Strom als Energieträger zugekauft werden.
- Hybridlösungen sind unabhängiger von Lieferengpässen der einzelnen Energiequellen.
- Die abweichende Gesamtenergiemenge ist auf die unterschiedlichen Wirkungsgrade der Systeme zurückzuführen.

Verteilung Energiequellen



8. Empfehlung und Fazit

- **Variante 1: Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Abwasserwärmetauscher + Gaskessel**
Diese Variante bietet den höchsten COP. Allerdings ist im Winter ein zusätzlicher Heizbedarf im Faulbecken erforderlich, was die ökologische Effizienz reduziert.
Zwar erscheinen die laufenden Kosten günstig, sofern die Nachheizung des Faulbeckens unberücksichtigt bleibt, jedoch liegt die Amortisationszeit aufgrund der hohen Investitionskosten bei rund 18 Jahren.
Die erwartete Lebensdauer einer Wärmepumpe beträgt etwa 20 Jahre, sodass sich die Anlage wirtschaftlich kaum rechnet.
Zusätzliche Investitionskosten können durch erforderliche Reparaturen am Abwasserkanal oder die Schaffung einer Montageöffnung entstehen.
- **Variante 2: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel**
Diese Lösung bietet einen guten COP, ist technisch einfach umsetzbar und überzeugt durch die niedrigsten Investitionskosten.
Dank des hybriden Aufbaus besteht eine hohe Betriebssicherheit.
Die Amortisation erfolgt bereits nach etwa **10 Jahren**.
- **Variante 3: Zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen**
Durch die vollständige Elektrifizierung ist diese Variante am umweltfreundlichsten und verursacht den geringsten CO₂-Ausstoß.
Es wird vollständig auf fossile Energieträger verzichtet.
Obwohl die Anfangsinvestition höher ausfällt als bei Variante 2, amortisiert sich die Anlage bereits nach 11 Jahren.

Wir empfehlen ihnen die Variante 2 oder 3, da sie deutlich geringere Investitionskosten haben, bei einfacherer Umsetzung zu Variante 1.

9. Hinweis zur Kostenschätzung und rechtlichen Rahmenbedingungen

- Die angegebenen Investitionskosten basieren auf einer überschlägigen Schätzung im Rahmen der Vorplanung
- Änderungen durch bauliche Gegebenheiten im Bestand sind möglich und können Kosten verursachen oder mindern.
- Fördermöglichkeiten und gesetzliche Rahmenbedingungen sind zum Projektstart erneut zu prüfen.
- Die vorliegende Machbarkeitsstudie bietet eine Entscheidungsgrundlage zur weiteren Projektentwicklung.
Eine detaillierte Ausarbeitung der gewählten Variante ist im weiteren Planungsverlauf zwingend erforderlich.