

## Grundlagenermittlung und Variantenvergleich

für die Erneuerung der Wärmeerzeugung bei der  
Grundschule in Reppenstedt



Inhalt: 27 Seiten  
Erstellt am: 05.09.2023

Heinze-Stockfisch-Grabis + Partner GmbH  
Ingenieurbüro für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Telefon: +49 (0)40 514 77 – 0  
Telefax: +49 (0)40 514 77 – 111  
E-Mail: [Office@hsgp.de](mailto:Office@hsgp.de)  
Homepage: [www.hsgp.de](http://www.hsgp.de)

## **BV**

Grundschule Reppenstedt – Erneuerung der Wärmeerzeugung

## **Bauherr**

---

Samtgemeinde Gellersen  
Dachtmisser Straße 1  
21391 Reppenstedt

## **TGA**

---

Heinze-Stockfisch-Grabis + Partner GmbH  
Ingenieurbüro für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Ansprechpartner:  
Jan-Henrik Jochens  
Tel: 040 514 77 255

## Inhalt

<b>1. Einleitung, örtliche Bedingungen und Bestand .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Gesetzliche Anforderungen an erneuerbare Energien .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Mögliche Wärmeversorgungsanlagen .....</b>	<b>6</b>
3.1. Gas Brennwert Kessel .....	7
3.2. Photovoltaik .....	8
3.3. Solarthermie .....	9
3.4. Blockheizkraftwerk (BHKW).....	10
3.5. Brennstoffzellen-Heizgerät.....	11
3.6. Biomasse als Brennstoff .....	12
3.7. Elektrische Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	13
3.8. Elektrische Sole Wasser Wärmepumpe (Erdwärme).....	14
3.9. Gas-Absorptions-Wärmepumpe.....	17
3.10. Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpe.....	18
3.11. Wärmeerzeugung per Wasserstoff (H <sub>2</sub> ).....	19
4. Kombinationen als Gesamtlösungen .....	20
<b>5. Variantenvergleich .....</b>	<b>21</b>
5.1. Variante 1: Austausch der Gaskessel .....	21
5.2. Variante 2: Luft-Wärmepumpen mit Spitzenlastkessel.....	21
5.3. Variante 3: BHKW und Spitzenlastkessel .....	22
5.4. Variante 4: Luft-WP und Sole-WP zur Abwassernutzung .....	22
5.5. Variante 5: BHKW und Luft-Wärmepumpen.....	23
5.6. Kostenvergleich.....	23
<b>6. Fazit .....</b>	<b>27</b>

## 1. Einleitung, örtliche Bedingungen und Bestand

Im Rahmen dieses Berichts werden die Möglichkeiten für den Austausch der Wärmeerzeugung in der Grundschule in Reppenstedt untersucht.



Die Grundschule befindet sich zentral in Reppenstedt, umgeben von einer Sporthalle, dem Rathaus, dem Gellersen Haus sowie Wohnhäusern und der Lüneburger Landstraße. Die Schule ist dabei allseitig umbaut.

Im Bestand sind in der Heizzentrale der Schule 3 Gaskessel vom Typ Buderus Logano GB312 mit je 225 kW Heizleistung aufgestellt. Aktuell sind zwei dieser Kessel defekt und nicht in Betrieb. Es steht ein für die Bestandskessel ausreichend dimensionierter Gasanschluss zur Verfügung, entsprechend mit einer verfügbaren Leistung von ca. 675 kW.

Auf dem Dach der Schule ist eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von ca. 93 kWp installiert. Die Anlage liefert einen Jahresertrag von ca. 85 MWh/a. Im Rahmen der aktuell in Ausführung befindlichen Aufstockung wird diese auf ca. 148 kWp erweitert. Nach der Erweiterung wird dann ein Jahresertrag von ca. 115 MWh/a erwartet. Dies wird für die weitere Betrachtung als Bestand angesetzt.

Die Bestandsanlage versorgt neben der Schule auch das Rathaus und die Gellersenhalle mit Heizwärme. Dieser Verbund soll auch nach der Erneuerung bestehen bleiben.

## 2. Gesetzliche Anforderungen an erneuerbare Energien

Gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) Stand 08/2020 muss die zur Beheizung von Gebäuden erzeugte Wärme anteilig aus erneuerbarer Energie gedeckt werden. Es stehen folgende Optionen zur Erfüllung zur Verfügung:

- §35 – 15% aus Solarthermischen Anlagen
- §36 – 15% aus erzeugt aus Strom aus eigener produzierten EE
- §37 – 50% aus Geothermie, Umweltwärme
- §30 – 50% aus fester Biomasse
- §39 – 50% aus flüssiger Biomasse mit KWK oder Brennwertkessel
- §40 – 30%/50% aus gasförmiger Biomasse mit KWK/Brennwertkessel
- §41 – 50% aus Nutzung von Kälte aus erneuerbaren Energien
- §42 – 50% Nutzung aus Abwärme
- §43 – 50%/40% durch KWK BHKW/Brennstoffzellenheizung
- §44 – Fernwärme mit geringem Primärenergiebedarf
- §45 – Reduzierung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs um 15 % unterhalb der Anforderungen
- Kombination von Maßnahmen ist möglich - §34

Aktuell wird eine Verschärfung der Anforderungen des GEG in einer Novelle ab dem Jahr 2024 erwartet. Im vorliegenden Gesetzentwurf wird ein Anteil an erneuerbarer Energie von 65% gefordert. Aktuell befindet sich der Gesetzentwurf im Bundestag in der 2. Lesung. Eine Verabschiedung des Gesetzes ist nicht vor dem Herbst 2023 zu erwarten.

In der weiteren Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung der Erneuerung nicht vor dem 01.01.2024 erfolgt und damit den Bestimmungen der GEG Novelle 2024 unterliegen wird.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die abschließende Bewertung der Erfüllung der Anforderung aus dem GEG 2024 erst nach Vorlage des Gesetzes und in Zusammenarbeit mit einem zertifizierten Energieberater erfolgen kann. Die Bewertung der Varianten beruht auf Abschätzungen zum aktuellen Stand, ohne detaillierte Berechnungen. Gemäß GEG ist die Beratung durch einen Energieberater ohnehin verpflichtend.

### 3. Mögliche Wärmeversorgungsanlagen

Nachfolgend werden mögliche Wärmeerzeugungsanlagen vorgestellt und darauf geprüft, ob diese für dieses Bauvorhaben technisch sinnvoll in das Bestandsgebäude integriert werden können.

Generell müssen dabei die Kriterien Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit, Energiekosten, Bedienungskosten, Langlebigkeit und Zukunftsfähigkeit bewertet werden.

Es werden nachfolgende Technologien untersucht:

- Gas Brennwert Heizung
- Photovoltaik
- Solare Warmegewinnung
- BHKW Anlage
- Brennstoffzellen- Heizgerät
- Biomasse als Brennstoff
- Elektrische Luft Wasser Wärmepumpe
- Elektrische Sole Wasser Wärmepumpe mit Tiefenbohrung
- GRD-System
- Erdwärme über Flächenkollektoren
- Gas Absorption Wärmepumpe
- Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpe



### 3.1. Gas Brennwert Kessel

Ein Gas-Brennwert-Kessel ist ein Wärmeerzeuger in dem die im Wasserdampf des Heizgases enthaltene latente Wärme durch Kondensation nutzbar gemacht wird. Dies bietet eine höchstmögliche Brennstoffausnutzung und damit höchstmögliche Wirkungsgrade.

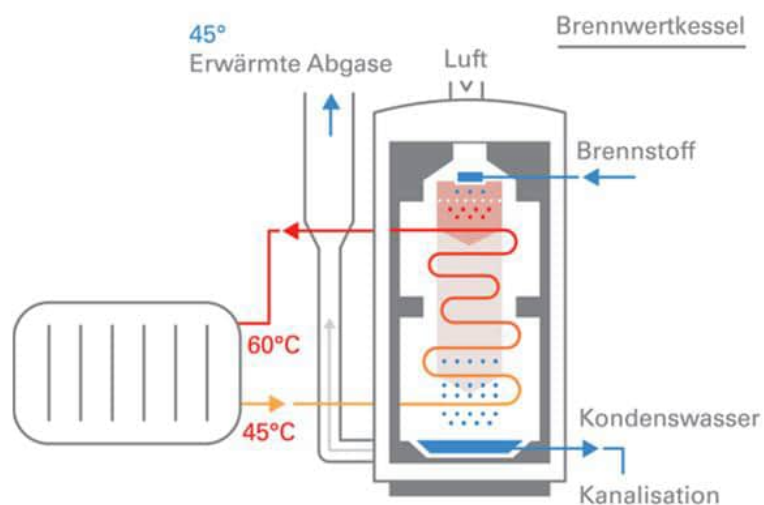
Vorteile:

- es ist eine einfache, kompakte und bewährte Anlagentechnik
- im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern fallen relativ geringe Investitionskosten an
- bietet eine effiziente Ausnutzung des Brennstoffs
- kontinuierlich verfügbare Wärme unabhängig von Wettereinflüssen
- hohe Vorlauftemperaturen von Bestands-Heizkörper können problemlos bedient werden

Nachteile:

- Der Primärenergiefaktor liegt bei 1,1 und hat zur Folge, dass eine weitere regenerative Wärmeerzeugung in Kombination errichtet werden muss, um die Bestimmungen der GEG zu erfüllen
- steigende Erdgaspreise erhöhen die Verbrauchskosten

Beispiel Anlagenbild:



3-1 Abbildung: <https://heizung.de/gasheizung/funktionsweise/>

Vorläufiges Fazit:

In Verbindung mit der bestehenden PV-Anlage wäre eine Erneuerung der Gasheizung aktuell umsetzbar. Mit der zu erwartenden Verschärfung der GEG-Bestimmungen (65% aus EE) ist diese Variante allerdings nicht zu empfehlen, da die Bestimmungen dann nicht eingehalten werden.

### 3.2. Photovoltaik

Photovoltaik steht für die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität. Es wird Sonnenlicht in den Paneelen aufgefangen und in nutzbaren Strom für das Gebäude umgewandelt. Die entsprechenden Flächen zur Aufstellung können auf dem Dach, an der Fassade oder auf einer freistehenden Fläche geschaffen werden.

Vorteile:

- Eine eigene Stromerzeugung macht den Betreiber unabhängiger von steigenden Strompreisen. Die aus dem öffentlichen Netz bezogene Strommenge kann durch die Eigenerzeugung reduziert werden
- Der regenerativ erzeugte Strom wird für den benötigten GEG Anteil an regenerativer Energie angerechnet

Nachteile:

- Hoher Flächenbedarf im Außenbereich / auf dem Dach
- Die Flächennutzung steht in Konkurrenz zu einer möglichen Solarthermieanlage
- Zeitliche Verschiebung zwischen hoher Erzeugungsleistung und hohem Strombedarf

Beispielbild:



3-2Abbildung: <https://www.phovo.de>

Vorläufiges Fazit:

Wie beschrieben ist im Bestand bereits eine PV-Anlage mit ca. 93 kWp Leistung und einem Ertrag von ca. 85 MWh/a vorhanden.

Nach der Erweiterung im Rahmen der Aufstockung beträgt die Spitzenleistung ca. 149 kWp. Mit einer linearen Ertragssteigerung ergibt sich damit als Schätzung ein Jahresertrag von ca. 132 MWh/a, der für die weitere Bewertung angesetzt wird.



### 3.3. Solarthermie

Solarthermieanlagen gewinnen nutzbare Heizwärme aus der aufgefangenen Sonneneinstrahlung. Es stehen hierzu verschiedene Technologien zur Verfügung. Als aktueller Standard am Markt sind Vakuum-Röhren-Kollektoren anzusehen. In diesen wird eine Wärmeträgerflüssigkeit innerhalb eines Metallrohres verdampft, sodass ein Kreisprozess mit Kondensation an einer Wärme-Sammelleitung entsteht. Um das Metallrohr werden typischerweise evakuierte Glasrohre angeordnet, sodass durch die unterbundene Wärmeleitung an die Umgebungsluft hohe Temperaturen entstehen. Die so gesammelte Wärme wird dann über die Sammelleitung dem Heizungssystem zugeführt.

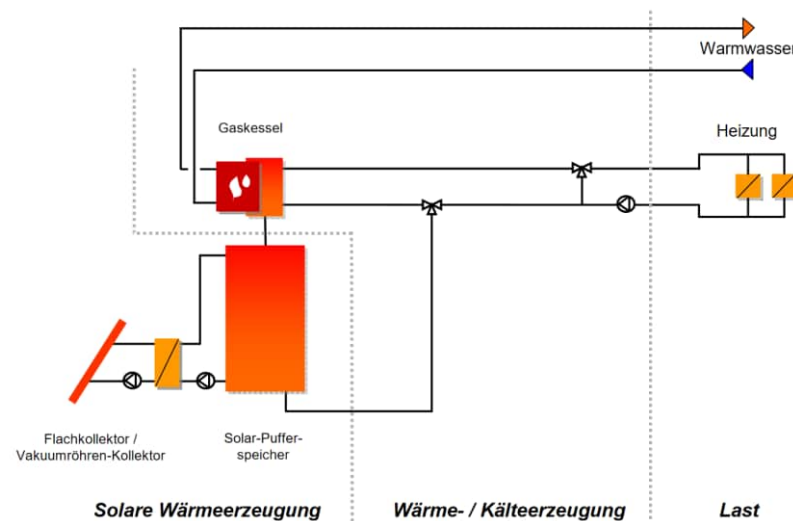
Vorteile:

- Solarthermie ist eine gute Unterstützung anderer Wärmeerzeuger
- Durch Nutzung solarer Wärme wird der Anteil erneuerbarer Energien erhöht

Nachteile:

- Hoher Flächenbedarf im Außenbereich / auf dem Dach
- Die Flächennutzung steht in Konkurrenz zu der bestehenden PV-Anlage
- Zeitliche Verschiebung zwischen hoher Erzeugungsleistung und hohem Wärmebedarf
- Mit Solarthermie allein kann keine gesicherte Wärmeerzeugung hergestellt werden

Beispielbild:



3-3 Abbildung: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/waermegesetz\\_kollektorflaechen.pdf?blob=publicationFile&v=2](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/waermegesetz_kollektorflaechen.pdf?blob=publicationFile&v=2)

Vorläufiges Fazit:

In diesem Bauvorhaben ist die Nutzung von Solarthermie aufgrund der bestehenden PV-Anlage nicht sinnvoll, da nicht genügend Fläche für die Aufstellung zur Verfügung steht.

### 3.4. Blockheizkraftwerk (BHKW)

BHKWs sind kompakte Kraft-Wärmekopplungsanlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung. Sie werden mit fossilen Brennstoffen (Öl oder Gas) oder mit erneuerbaren Brennstoffen (Biogas oder Biodiesel) betrieben.

Vorteile:

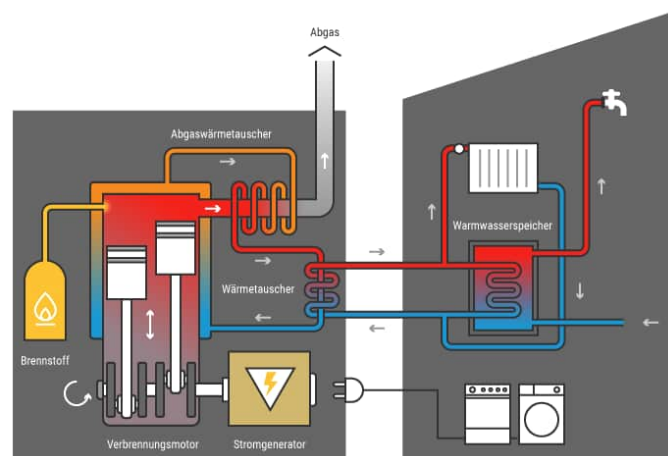
- kontinuierlich verfügbare Wärme
- durch kombinierte Wärme- und Stromerzeugung vergleichsweise hohe Nutzungsgrade möglich
- eine Teilabdeckung des Strombedarfes wäre möglich
- Primärenergiefaktor liegt bei 0,6 und wird damit als erneuerbare Energie nach GEG angerechnet

Nachteile:

- vergleichsweise hohe Anschaffungskosten
- geringe Einspeisevergütung für den erzeugten Strom macht die Anlage nur bei hohem Eigennutzungsanteil wirtschaftlich
- bei einem Betrieb über Erdgas (wie im Bestand) reduzieren steigende Erdgaskosten die Wirtschaftlichkeit
- hoher Wartungsaufwand

Anlagenbild

Die Funktionsweise eines Blockheizkraftwerkes



3-4 Abbildung: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/gebauedetechnik/kraftwaermekopplung-672435>

Vorläufiges Fazit:

Aufgrund der vorhandenen Photovoltaikanlage mit hoher Leistung ist ein BHKW in diesem Bauvorhaben nicht wirtschaftlich betreibbar. Zudem werden die zu erwartenden hohen Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien ab 2024 soweit absehbar nicht erfüllt.

### 3.5. Brennstoffzellen-Heizgerät

Brennstoffzellen-Heizgeräte reformieren aus Erdgas Wasserstoff und erzeugen über eine chemische Reaktion Strom und Wärme, die dann für den Gebäudebetrieb und die Heizung genutzt werden können.

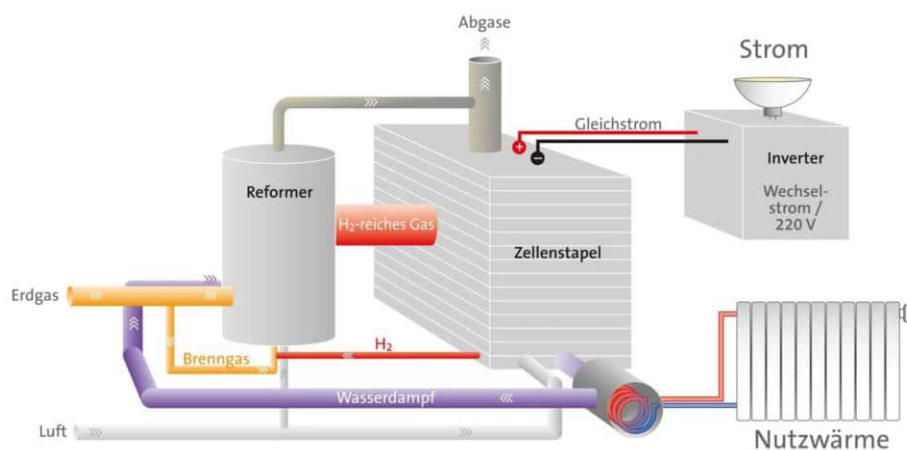
Vorteile:

- kontinuierlich verfügbare Wärme
- Versorgung aus dem bestehenden Gasanschluss möglich
- Strom- und Wärmeerzeugung im Verhältnis von 1 zu 1 mit einem hohen Wirkungsgrad

Nachteile:

- geringe Leistungen im Bereich der Wärmeerzeugung, damit hoher Flächenbedarf und Investitionskosten
- ggf. wird eine Zusatzheizung und ein Wärmespeicher nötig, um bei niedrigem Strombedarf einen wirtschaftlichen Betrieb sicherzustellen
- regelmäßige, teure Wartungsarbeiten durch spezialisiertes Personal

Anlagenbild:



3-5 Abbildung: <https://www.energie-experten.org/heizung/brennstoffzelle/brennstoffzellen-heizung#c12746>

Vorläufiges Fazit:

Anlagentechnik ist aufgrund der geringen Leistung im Heizungsbereich nicht geeignet für diese Sanierung. Für einen Umbau im Bestand wäre die erbrachte Leistung für die Heizungsversorgung zu gering. Auch ist die Serienreife für Anlagen dieser Größe fraglich.

### 3.6. Biomasse als Brennstoff

Wärmeerzeugungsanlagen mit Biomassebrennstoffen ersetzen klassische fossile Brennstoffe durch z.B. Holz. Da es sich dabei um schnell nachwachsende Rohstoffe handelt, werden diese als regenerativ angesehen.

Brennstoffe aus Biomasse (zum Beispiel Pellets oder Holz hackschnitzel) werden in der Regel per Lastwagen angeliefert, in einem Brennstofflager zwischengelagert und über Förderschnecken dem Kessel zur Verbrennung zugeführt.

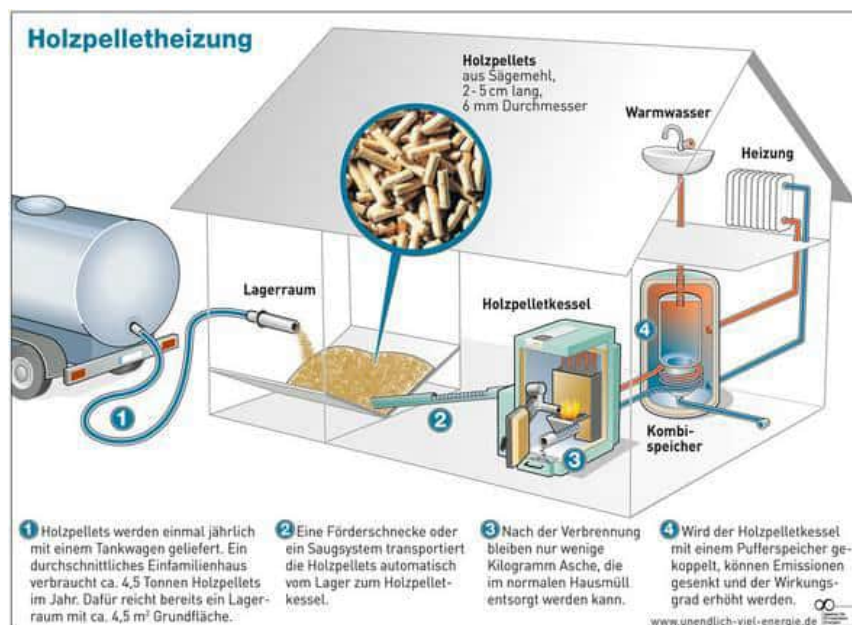
Vorteile:

- sehr guter Primärenergiefaktor von 0,2, da nachwachsender Rohstoff
- kontinuierlich verfügbare Wärme
- Wetterunabhängige Wärmeerzeugung

Nachteile:

- Feinstaubemissionen durch Anlieferung
- Regelmäßige und ggf. häufige Anlieferung des Brennstoffes nötig, je nach Größe des Lagerraums
- je nach Biomasse ist eine Geruchsbelastung möglich
- wartungsintensiv und fehleranfällig
- Holz als Brennstoff folgt den Preisschwankungen der fossilen Brennstoffe

Prinzipbild:



3-6 Abbildung: <https://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/hausbau-regenerative-energie/energiebewusst-bauen-wohnen/emission-alternative-heizung/heizen-mit-holz/holzpellettheizung.html>

Vorläufiges Fazit:

Anlage aufgrund von fehlender Lagerfläche nicht geeignet. Das Brennstofflager müsste unmittelbar neben dem Heizraum angeordnet werden. Das Lager müsste auch bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Diese umzusetzen wäre sehr kostenintensiv. Ebenso wird der Betrieb als zu wartungsintensiv und fehleranfällig bewertet.

### 3.7. Elektrische Luft-Wasser-Wärmepumpe

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entzieht der Umgebungsluft Wärme und bringt diese durch Kompression auf ein höheres Temperaturniveau. Anschließend wird die Wärme im Heizwasserkreislauf verteilt und den Räumen zugeführt.

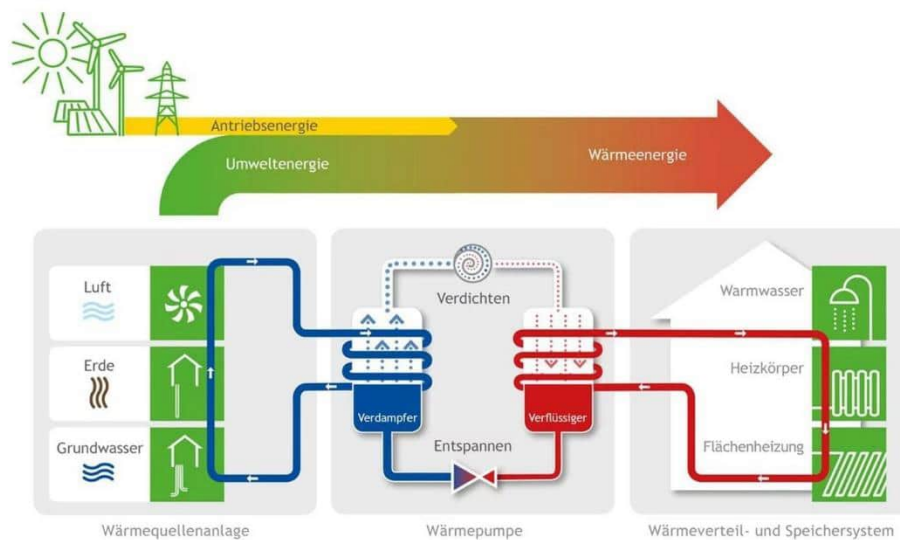
Vorteile:

- keine lokalen Emissionen
- geringer Primärenergiefaktor besonders in Verbindung mit Ökostrom oder einer PV-Anlagen
- bei Anforderung besteht die Möglichkeit Wärme und Kälte zu produzieren

Nachteile:

- Schallemissionen sind zu berücksichtigen und von einem Schallgutachter zu prüfen
- Platzbedarf für die Außeneinheiten vergleichsweise groß
- begrenzte Vorlauftemperaturen, besonders für Warmwasserbereitung elektrische Nachheizung notwendig

Anlagenbild



3-7 Abbildung: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/technik>

Vorläufiges Fazit:

Aufgrund der bestehenden Heizkörper, die auf relativ hohe Vorlauftemperaturen angewiesen sind, ist der Einsatz einer Luft-Wärmepumpe in diesem Bauvorhaben soweit absehbar nur mit Unterstützung eines Spitzenlastkessels sinnvoll. Andernfalls sinkt die mittlere Jahresarbeitszahl soweit ab, dass der Betrieb unwirtschaftlich wird.

Durch die bestehende PV-Anlage ergibt sich eine gute Synergie, da die Wärmepumpe den Eigenverbrauch des erzeugten Stroms erhöht.

### 3.8. Elektrische Sole Wasser Wärmepumpe (Erdwärme)

Über eine mit Sole durchströmte Erdwärmetauscher wird Boden Wärme entzogen und über eine Wärmepumpe auf ein höheres und nutzbares Temperaturniveau gebracht. Anschließend wird die Wärme im Heizwasserkreislauf verteilt und den Räumen zugeführt.

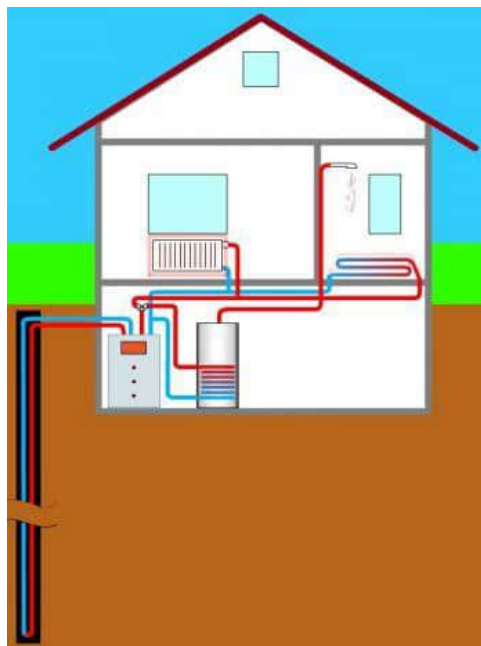
Vorteile:

- Hoher Nutzungsanteil von erneuerbarer Energie
- ganzjährige Grundlastabdeckung
- geringer Primärenergiefaktor besonders in Verbindung mit Ökostrom

Nachteile:

- hoher Planungs- und Genehmigungsaufwand
- hohe Investition notwendig
- hoher Flächenbedarf im Außenbereich für die Bohrungen
- Regenerationsfähigkeit des Bodens mit beachtet werden

Anlagenbild:



3-8 Abbildung: [https://www.mhk-regenerativ.de/produkte/waermepumpen\\_sole.php](https://www.mhk-regenerativ.de/produkte/waermepumpen_sole.php)



### Tiefenbohrungen

Die Erdsonden werden in Form von Pfählen aus Beton tief in die Erde eingebracht (gängig: 50 bis 80 Meter). So werden die tiefen Erdschichten mit konstanten Temperaturen erreicht und die Wärme entzogen. Es lassen sich dabei in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit Leistungen von 50 bis 65 W/m Bohrungslänge erreichen.

Zu berücksichtigen ist hier ein ausreichender Abstand zu Gebäuden (2m) sowie zu anderen Bohrungen (5-6m) und Versorgungsleitungen (1m).

Vorteile:

- Geringster Flächenbedarf der Erdsondensysteme

Nachteile:

- hohe Investitionskosten für tiefe Bohrungen

Mit dem ermittelten Heizbedarf von ca. 400 kW und unter Ansatz einer mittleren Leistung von 58 W/m Bohrungslänge ergibt sich ein Bedarf von ca. 70 Bohrungen mit je 100m Tiefe. Unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Abstände lässt sich diese Anzahl voraussichtlich auf dem verfügbaren Gelände nicht unterbringen.

### GRD-System

Beim Geothermal Radial Drilling System werden von einer Grube als Basis ausgehend Bohrungen umlaufend und in verschiedenen Winkeln zur Horizontalen in den Boden eingebracht. Es wird dadurch eine hohe Bohrungsdichte auf relativ kleiner Fläche erreicht.

Vorteile:

- keine tiefen Bohrungen notwendig
- aufgrund der geringen Tiefe keine Genehmigung notwendig
- Kosten nur ca. 50% der Tiefenbohrungen

Nachteile:

- Aufgrund der geringeren Tiefe mehr Bohrungen notwendig als bei Tiefenbohrungen

Aufgrund der noch höheren Anzahl an Bohrungen ggü. der Tiefenbohrung können diese voraussichtlich auf dem zur Verfügung stehenden Gelände nicht untergebracht werden.

### Flächenkollektor

Flächenkollektoren werden oberflächennah in ca. 1-2m Tiefe in den nicht versiegelten Freiflächen eingebracht. Die Kollektoren sind damit von den jährlich schwankenden Temperaturen der oberflächennahen Bodenschichten abhängig.

Die erzielbare Leistung des Flächenkollektors hängt dabei stark von der Beschaffenheit des Bodens ab und reicht von lediglich 10 W/M<sup>2</sup> bis zu 40 W/m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

#### Vorteile:

- keine tiefen Bohrungen notwendig
- aufgrund der geringen Tiefe keine Genehmigung notwendig
- je nach sonstigen Erdarbeiten ggf. geringer Verlegungsaufwand

#### Nachteile:

- sehr hoher Flächenbedarf, da keine Tiefenwirkung erzielt wird
- belegte Kollektorfläche darf nicht versiegelt werden
- durch niedrige Bodentemperaturen im Winter sinkt die Effizienz der Wärmepumpe

Mit dem abgeschätzten Heizbedarf von 400 kW und einer mittleren Leistung von 25 W/m<sup>2</sup> ergibt sich eine Kollektorfläche von ca. 16.000 m<sup>2</sup>. Voraussichtlich lässt sie diese (unversiegelte) Fläche auf den zur Verfügung stehenden Gelände nicht anordnen.

#### Vorläufiges Fazit:

Technologie in diesem Bauvorhaben nicht geeignet, da auf dem Grundstück keine ausreichend großen Freiflächen für die Bohrungen oder Flächenkollektor zur Verfügung stehen. Die Aktivierung weiterer versiegelter Flächen (Schulhof, Straßen und Gehwegbereiche) wird als zu kostenintensiv eingeschätzt.

### 3.9. Gas-Absorptions-Wärmepumpe

Eine Gas-Absorptionswärmepumpe ist eine Gasfeuerung, die um einen Sorptionsprozess erweitert wurde. In diesem Prozess wird ähnlich einer Wärmepumpe Wärme von einem geringen Temperaturniveau für das Heizsystem nutzbar gemacht.

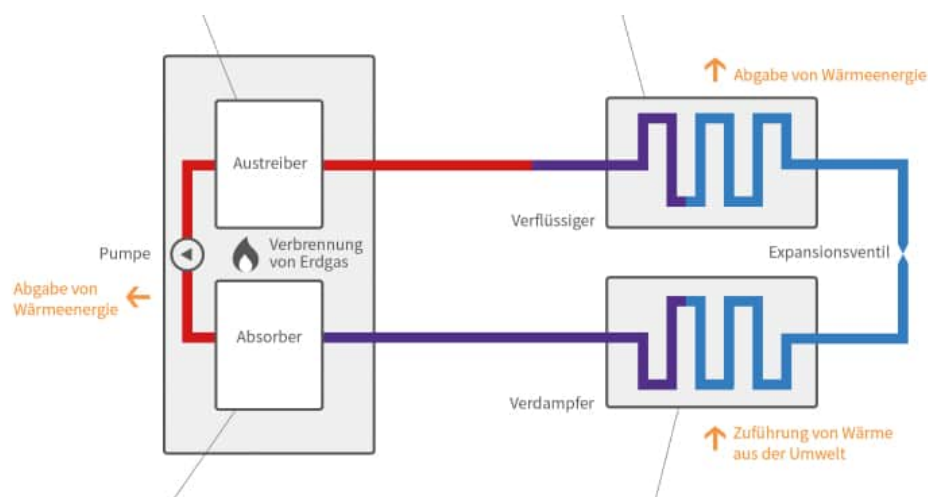
Vorteile:

- regenerativ erzeugte Wärme oder Abwärme wird als Heizenergie verfügbar
- Vorteile einer Wärmepumpe ohne erhöhten Stromverbrauch
- Bei Bedarf simultane Wärme- und Kälteerzeugung möglich
- Primärenergiefaktor 0,6

Nachteile:

- aktuell nur Anlagen im Leistungsbereich bis ca. 250 kW auf dem Markt
- weiterhin abhängig von der öffentlichen Gasversorgung
- abhängig von steigenden Gaspreisen

Anlagenbild:



3-9 Abbildung: [https://www.kka-online.info/artikel/kka\\_Einsatz\\_von\\_Gasabsorptionswaermepumpen-2875846.html](https://www.kka-online.info/artikel/kka_Einsatz_von_Gasabsorptionswaermepumpen-2875846.html)

Vorläufiges Fazit:

Diese Technologie ist für dieses Bauvorhaben nicht geeignet. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist vor allem in Kombination mit einem Kühlbedarf möglich, der hier nicht gegeben ist.

### 3.10. Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpe

Ein Wärmetauscher im Abwasserkanal entzieht der Abwasser Wärme, die über eine Sole-Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau transportiert und für die Heizungsanlage nutzbar gemacht wird.

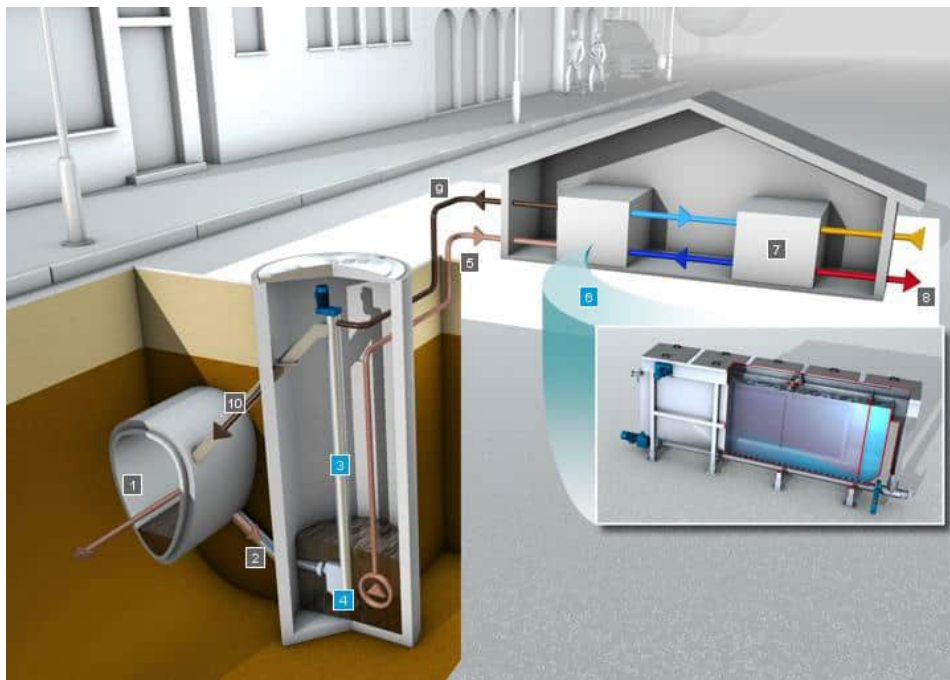
Vorteile:

- Je nach zur Verfügung stehendem Abwasserstrom kontinuierlich verfügbare Wärme und konstantes Temperaturniveau
- Abwärmenutzung erfüllt die Anforderungen an Nutzung erneuerbarer Energie

Nachteile:

- In der Regel nur als Zusatzsystem möglich, da die Heizleistung nicht ausreicht
- Wirtschaftliche Nutzung erst ab ca. 10 l/s Abwasser möglich

Anlagenbild:



3-10 Abbildung: <https://www.huber.de/de/loesungen/heizen-und-kuehlen-mit-abwasser/waermerueckgewinnung-aus-der-kanalisation/anlagenkonzept-huber-thermwin-heizen-und-kuehlen-mit-abwasser-aus-dem-kanal-mit-hilfe-eines-externen-waermetauschers.html>

Vorläufiges Fazit:

Aufgrund der relativ geringen Abwassermengen aus der Schule wird der Einbau in den Kanalanschluss der Schule als nicht wirtschaftlich abgeschätzt.

Gemäß den Angaben vom Abwasserwirtschaftsbetrieb verläuft nächstgelegene zur Grundschule eine Mischwassersammelleitung DN 200 mit einem Mittleren Durchfluss von ca. 18 l/s. Aufgrund des geringen Leitungsdurchmessers ließe sich hier lediglich ein sehr kleiner Abwasserwärmetauscher installieren und der Betrieb wird als nicht wirtschaftlich eingeschätzt.

Als weiterer Installationspunkt ist in einer Entfernung von ca. 300m zur Grundschule ein Pumpenschacht vorhanden. Hier ließe sich ein größerer Wärmetauscher installieren. Zusätzlich wäre die Montage eines vorgeschalteten Filterschachtes notwendig. Der Wärmetransport erfolgt dann per erdverlegter Rohrleitung bis zur Schule und der dort aufgestellten Wärmepumpe.

Damit ließe sich gemäß Herstellerangaben eine Spitzenleistung von ca. 380 kW entnehmen. Im Mittel wäre bei 18 l/s eine Leistung von ca. 195 kW erzielbar.

Die erreichbare Leistung wird in diesem Bauvorhaben nur für einen Anteil der benötigten Wärmeleistung ausreichen. Das System kann damit als Unterstützung für eine andere Wärmeerzeugung dienen.

Besonders auch aufgrund des großen Abstandes des Pumpenschachts zur Schule wird die Umsetzung als eher nicht wirtschaftlich abgeschätzt.

### 3.11. Wärmeerzeugung per Wasserstoff (H<sub>2</sub>)

Aktuell wird vielfach die Nutzung von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Energiebrennstoff diskutiert. Dieser kann als Ersatz für Erdgas beispielsweise in Brennwertkesseln oder BHKWs eingesetzt werden. Es sind dazu technische Umrüstungen an den Geräten erforderlich. Moderne Geräte sind oft H<sub>2</sub>-Ready, sodass nur geringe Umrüstungen erforderlich sind. Bei Altanlagen in der Regel ein Austausch gegen neue Geräte notwendig.

Da für die Versorgung mit H<sub>2</sub> kein öffentliches Netz zur Verfügung steht, ist hier immer ein zusätzlicher Speicher vor Ort und die Anlieferung per Tankwagen erforderlich. Aufgrund der hohen Brandgefahren müssen die Speicher außerhalb von Gebäuden aufgestellt werden. Die Speicher sind daher mit sehr hohen Kosten von ca. 100.000 bis 150.000€ verbunden.

Alternativ können die Speicher gemietet werden. Die monatlichen Mietkosten für einen Speicher belaufen sich auf ca. 7.000 bis 8.000€, je nach Anbieter.

Die Kosten für gelieferten Wasserstoff liegen aktuell mit ca. 60 Cent/kWh sehr hoch im Vergleich zu Erdgas.

Unter Ansatz der abgeschätzten Heizleistung von ca. 400 kW, einem jährlichen Wärmebedarf von ca. 1.200.000 kWh gemäß Abschätzung und einer vollständigen Beheizung mit Wasserstoff ergeben sich dann jährliche Energiekosten von ca. 800.000€.

Diese sind entsprechend um ein Mehrfaches höher als die bisherigen Energiekosten. Aus Planerischer Sicht ist die Beheizung über Wasserstoff aktuell keine umsetzbare Lösung und wird nicht weiter betrachtet.

#### 4. Kombinationen als Gesamtlösungen

Nachfolgend werden aus den oben vorgestellten Einzeltechnologien Kombinationen als Gesamtlösungen gebildet. Als Übersicht sind diese zunächst in der nachfolgenden Matrix dargestellt.

Grüne Felder bilden dabei technisch und wirtschaftlich gute Kombinationen ab, die als Gesamtlösung zu empfehlen sind. Orangene Felder bilden Kombinationen ab, bei denen wenige Synergien entstehen, die aber technisch umsetzbar wären.

Bei Kombinationen mit roter Markierung liegen technische Gründe für einen Ausschluss vor oder die Wirtschaftlichkeit ist soweit reduziert, dass eine Umsetzung nicht sinnvoll ist.

	Gaskessel	BHKW	Brennstoffzelle	Luft-WP	Sole-WP	Gas-Absorptions-WP
Gaskessel	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
BHKW	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
Brennstoffzelle	Orange	Orange	Grey	Grey	Grey	Grey
Luft-WP	Orange	Green	Red	Grey	Grey	Grey
Sole-WP	Orange	Green	Red	Red	Grey	Grey
Gas-Absorptions-WP	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Grey
Photovoltaik	Orange	Red	Red	Green	Green	Orange
Solarthermie	Green	Red	Orange	Orange	Orange	Orange
Abwasserwärmenutzung	Orange	Orange	Orange	Red	Green	Green

3-11 Kombinationsmatrix der Erzeugertechnologien

Gute Kombinationen ergeben sich zunächst bei Systemen, die auf die gleiche Energiequelle zurückgreifen. Dazu die Kombinationen aus Gaskessel, BHKW und Gas-Wärmepumpe. Bei rein gasbefeuerten Lösungen müssen aber zusätzlich erneuerbare Energien genutzt werden, um die Anforderungen an das GEG zu erfüllen. Die Umsetzung der steigenden Anforderungen ab 2024 ist dabei soweit absehbar nur mit Bio-Gastarifen machbar.

Weitere gute Kombinationen ergeben sich bei eigener Stromerzeugung über BHKW und Photovoltaik und Nutzung des Stroms zur Wärmeerzeugung über elektrische Wärmepumpen.

Auszuschließen sind insbesondere Kombinationen, bei denen die Wirtschaftlichkeit der Einzeltechnologien konkurriert. Dazu zählen beispielsweise das BHKW, dessen erzeugter Strom aufgrund der bereits bestehenden PV-Anlage großteilig nicht selbst genutzt, sondern zu geringen Erträgen ins Netz eingespeist werden muss.

Ebenfalls auszuschließen sind Kombinationen, die beide gleiche Teilbereich der Erzeugung abdecken aber andere Bereich unerfüllt lassen. Dies ist z.B. bei der Kombination von Luft- und Abwasser-Wärmepumpen der Fall, da beide Wärme auf niedrigem Temperaturniveau bereitstellen aber höhere Temperaturen für Warmwasserbereitung nur mit elektrischer Nachheizung bereitstellen können.



## 5. Variantenvergleich

Nachfolgend werden insgesamt 5 Varianten der Wärmeerzeugung als Gesamtlösungen betrachtet. Alle diese Varianten werden als technisch umsetzbar und wirtschaftlich betreibbar eingeschätzt. Es werden dann je Variante die Vor- und Nachteile gegenüber den anderen Varianten erläutert, sowie die Kosten für die Aufstellung den Betrieb abgeschätzt und verglichen.

Gemäß der beiliegenden Heizlastabschätzung beträgt die Gesamt-Norm-Heizlast der Grundschule, Gellersenhalle und Rathaus in Summe ca. 390 kW. Zusätzlich wird über die Heizungsanlage warmes Trinkwasser bereitet. Da besonders aus der Gellersenhalle ein zeitweise hoher Warmwasserbedarf in den Duschräumen zu erwarten ist, wird hier eine Gleichzeitigkeit zwischen hoher Heizlast im Winter und Warmwasserbedarf berücksichtigt. Entsprechend wird die Auslegungsheizleistung für die Wärmeerzeugung mit ca. 400 kW angesetzt.

### 5.1. Variante 1: Austausch der Gaskessel

In dieser Variante würden die drei bestehenden Gaskessel gegen 2 neue Gaskessel ausgetauscht werden. Die Gesamtleistung wird dabei an den tatsächlichen Bedarf für die Schule, das Gellersenhaus und das Rathaus angepasst. Aufgrund der energetischen Sanierungen der Fassaden reduziert sich hier die benötigte Heizleistung.

Gemäß Abschätzung würden 2 Kessel mit je 200 kW Leistung vorgesehen. In dem Zuge wäre zu empfehlen, die Rohrleitungsverbindungen in der Zentrale sowie die Regelgruppen auf dem Verteiler und das Abgassystem zu erneuern. Die Kosten belaufen sich auf ca. 95.000€ inkl. der Demontagen.

Durch die vorhandene PV-Anlage werden dabei die Anforderungen nach GEG §36 zur Nutzung von 15% erneuerbarer Energie bereits nicht eingehalten (nur ca. 9%, siehe Berechnung zur Kostenentwicklung). Mit der Erhöhung der Anforderungen ab 2024 werden auch diese nicht bei weitem erfüllt, ohne dass besondere Bio-Gastarife geschlossen werden. Daher ist diese Variante langfristig nicht die optimale Lösung und wird nicht empfohlen.

Technisch möglich wäre der Einsatz eines Gaskessels, der vorbereitet für die Nutzung von Wasserstoff ist. Allerdings ist Wasserstoff als Energierohstoff auf absehbare Zeit unwirtschaftlich teuer. Daher ist dies ebenfalls nicht zu empfehlen.

### 5.2. Variante 2: Luft-Wärmepumpen mit Spitzenlastkessel

In dieser Variante werden 3 Luft-Wärmepumpen mit einer Leistung von je ca. 100 kW auf den Dachflächen der Schule oder in der Außenanlage aufgestellt. Zur Abdeckung von Spitzenlasten und zur Bereitstellung hoher Vorlauftemperaturen für die Warmwasserbereitung wird ein Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von ca. 100 kW im bestehenden Heizungsraum aufgestellt.

Es werden dann weitere Umbauten an der zentralen Technik notwendig, um die verschiedenen Temperaturniveaus zu realisieren. Weiterhin wird ein Pufferspeicher benötigt. Analog zu Variante 1 wird auch hier empfohlen, das Abgassystem und die Regelgruppen auf dem Verteiler zu erneuern.

Die Gesamtkosten belaufen sich auf ca. 220.000€ inkl. der Demontagen.

Die vorhandene PV-Anlage kann hierbei einen großen Teil des Strombedarfs für die Wärmepumpen abdecken. In den Sommermonaten mit viel PV-Ertrag, würden dann die Wärmepumpe mit Priorität auch für die Warmwasserbereitung betrieben werden, ggf. mit elektrischer Nachheizung. In den Wintermonaten übernehmen die Wärmepumpen den Grundlastbetrieb und der Gaskessel die Spitzenlast sowie die Warmwasserbereitung.

Soweit abschätzbar können mit dieser Variante durch den hohen Anteil an Wärme über die Wärmepumpen und den selbsterzeugten PV-Strom ein Anteil an erneuerbarer Energie von ca. 90% erreicht werden. Damit würden auch die zu erwartenden Anforderungen aus dem GEG 2024 erfüllt werden.

Es müssten dazu min. 75% der benötigten Heizwärme über die Wärmepumpen erzeugt werden. Da die Wärmepumpen 75% der Erzeugerleistung ausmachen, ist allerdings eher von einem Erzeugungsanteil von 90% auszugehen, siehe Berechnung der Kostenentwicklung.

### 5.3. Variante 3: BHKW und Spitzenlastkessel

In der Variante 3 wird für die Wärmeerzeugung ein BHKW mit je ca. 100 kW Wärme- und Stromleistung zur Abdeckung der Grundlast aufgestellt. Für die Spitzenlasten werden zwei Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von je ca. 150 kW aufgestellt. Alle Geräte werden im bestehenden Heizungsraum aufgestellt. Für die Anlage wird dann ein neues Abgassystem für das BHKW erforderlich.

Aufgrund der höheren Schallemissionen des BHKW wird weiterhin für den Heizungsraum eine zusätzliche Schalldämmung benötigt.

Analog zu Variante 1 wird auch hier empfohlen die Regelgruppen auf dem Verteiler zu erneuern.

Die Gesamtkosten für diese Variante werden auf ca. 235.000€ inkl. Demontagen abgeschätzt.

Bei dieser Variante wird überschlägig ein Anteil an erneuerbarer Energie von ca. 46% erreicht, siehe Berechnung zur Kostenentwicklung. Die erhöhten Anforderungen aus dem GEG 2024 können daher voraussichtlich nur mit Abschluss eines Bio-Gastarifs erreicht werden, da der eigenerzeugte PV-Strom und der KWK-Anteil nicht ausreichen um 65% erneuerbare Energie abzudecken.

### 5.4. Variante 4: Luft-WP und Sole-WP zur Abwassernutzung

In der Variante 4 werden für die Erzeugung der Heizwärme 4 Luft-Wärmepumpen mit je ca. 100 kW Leistung auf den Dachflächen oder in der Außenanlage aufgestellt, die den vollständigen Heizwärmebedarf bereitstellen können.

Zusätzlich wird im Technikraum eine Sole-Wärmepumpe aufgestellt, die als Wärmequelle einen Abwasser-Wärmetauscher im Pumpenschacht des öffentlichen Kanals. Da die Abwasserwärme nicht zuverlässig zu jeder Zeit zur Verfügung steht, wird diese nur als Alternative angesetzt. Aufgrund der höheren mittleren Quellentemperatur wird die Sole-WP dann vorrangig zur Erzeugung von höheremtemperiertem Heizwasser genutzt.

Am Pumpenschacht in 300 m Entfernung von der Schule wird ein zusätzlicher Schacht für den Abwasserwärmetauscher aufgebaut. Aufgrund der Größe des Wärmetauschers (L/B/H= ca. 4,5/1,5/2,3m) muss dieser entsprechend groß dimensioniert werden. Von dem Schacht aus wird dann eine Verbindungsleitung als vorgedämmtes Kunststoffrohr in Erdverlegung bis zur Grundschule verlegt. Im Technikraum der Grundschule wird dann eine zusätzliche Primärpumpe aufgestellt.

Die Kosten für diese Variante ergeben sich aus der Demontage der Bestandskessel, weiterer Umbauten an der zentralen Technik, um die verschiedenen Temperaturniveaus zu realisieren, sowie den Wärmepumpen und dem Abwasserwärmetauscher inkl. Anbindeleitung und Primärpumpe.

Analog zu Variante 1 wird auch hier empfohlen die Regelgruppen auf dem Verteiler zu erneuern.

Die Gesamtkosten für diese Variante werden auf ca. 585.000€ € inkl. Demontagen abgeschätzt.

## 5.5. Variante 5: BHKW und Luft-Wärmepumpen

In der Variante 5 wird im bestehenden Heizungsraum ein BHKW mit je ca. 100 kW Wärme- und Stromleistung. Zusätzlich werden auf dem Dach oder in der Außenanlage 3 Luft-Wärmepumpen mit je ca. 100 kW Wärmeleistung aufgestellt.

Das BHKW liefert dabei Strom für den Betrieb der Wärmepumpen, wenn die Erzeugung durch die PV-Anlage nicht ausreicht. Darüber hinaus kann das BHKW hohe Vorlauftemperaturen für die Warmwasserbereitung und Spitzenlasten bei der Beheizung bereitstellen.

In der Heizzentrale wird dann ein neues Abgassystem für das BHKW benötigt. Analog zu Variante 3 wird auch hier aufgrund der höheren Schallemissionen des BHKW eine zusätzliche Schalldämmung für den Raum benötigt.

Die Gesamtkosten für diese Variante werden auf ca. 350.000€ inkl. Demontagen abgeschätzt.

Soweit abschätzbar können mit dieser Variante durch den hohen Anteil an Wärme über die Wärmepumpen, den selbsterzeugten PV-Strom und den KWK-Anteil ca. 91% des Energiebedarfs mit erneuerbarer Energie abgedeckt werden. Damit würden auch die zu erwartenden Anforderungen aus dem GEG 2024 erfüllt werden.

## 5.6. Kostenvergleich

Nachfolgend werden die Kosten für Investition und Betrieb der vorangehend beschriebenen Varianten verglichen.

Für die Bewertung der Energieverbräuche liegen Verbrauchsdaten des Bestandes für die Jahre 2010 bis 2022 vor. Diese werden für die Abschätzung des zukünftigen Verbrauchs berücksichtigt, allerdings werden dabei die Jahre 2020 und 2021 aufgrund der langzeitlichen, Covid-19-Pandemie bedingten Schließungen nicht berücksichtigt.

Ebenso sind die Steuern für den Ausstoß an CO<sub>2</sub> durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zu berücksichtigen.

Die Basis für die Betriebskosten bilden die folgenden Verbrauchswerte und Energiekosten:

### Wärme/Gas

	aktuell	voraussichtlich
Mittlerer Gasverbrauch (Jahre: 2010-19, 2022)	820.000 kWh/a	1.200.000 kWh/a
Gaskosten	20,6165 Cent/kWh	40 Cent/kWh
Gesamt Jahresenergiekosten Erdgas	169.000 €	*

### CO2 Steuer

	aktuell	voraussichtlich
Mittlerer Gasverbrauch (Jahre: 2010-19, 2022)	820.000 kWh/a	1.200.000 kWh/a
CO2-Ausstoß (ca. 220 g/kWh)	180,4 to/a	264 to/a
CO2-Steuer 2023: 30€/to		7.920 €/a
CO2-Steuer 2024: 35€/to		9.240 €/a
CO2-Steuer 2025: 45€/to		11.880 €/a
CO2-Steuer ab 2026: 55€/to		14.520€/a

Da die CO2-Steuer in den kommenden Jahren stark ansteigt und mit einer Fertigstellung der Erneuerung nicht vor 2025 zu rechnen ist, wird für die kommende Betrachtung eine Abgabe in Höhe von 55€/to berücksichtigt.

### Strom

	aktuell	voraussichtlich
Eigenerzeugung durch PV-Anlage	85 MWH/a	115 MWH/a
Verbrauch im Jahr 2021	135,2 MWH/a	135,2 MWH/a
Dazugekaufter Strom in MWH	50 MHW/a	20,1 MHW/a
Kosten für Strom pro kWh	49,012 Cent/KWH	40 Cent/KWH
Gesamt Jahresenergiekosten Strom	24.500 €	8.000 €

Für den voraussichtlichen Wärmebedarf für die Heizung wird davon ausgegangen, dass bei einer Innentemperatur von 20°C ab einer Außentemperatur von ca. 15°C nicht mehr geheizt wird. In dem Fall wird der Wärmebedarf durch innere Lasten wie Personen, Geräte und Beleuchtung gedeckt. Es ergibt sich daher ein gegenüber der anliegenden Heizlastabschätzung geringerer Wärmebedarf.  
Die jährlichen Kosten für die Wärmeerzeugung hängen von der jeweiligen Variante ab.

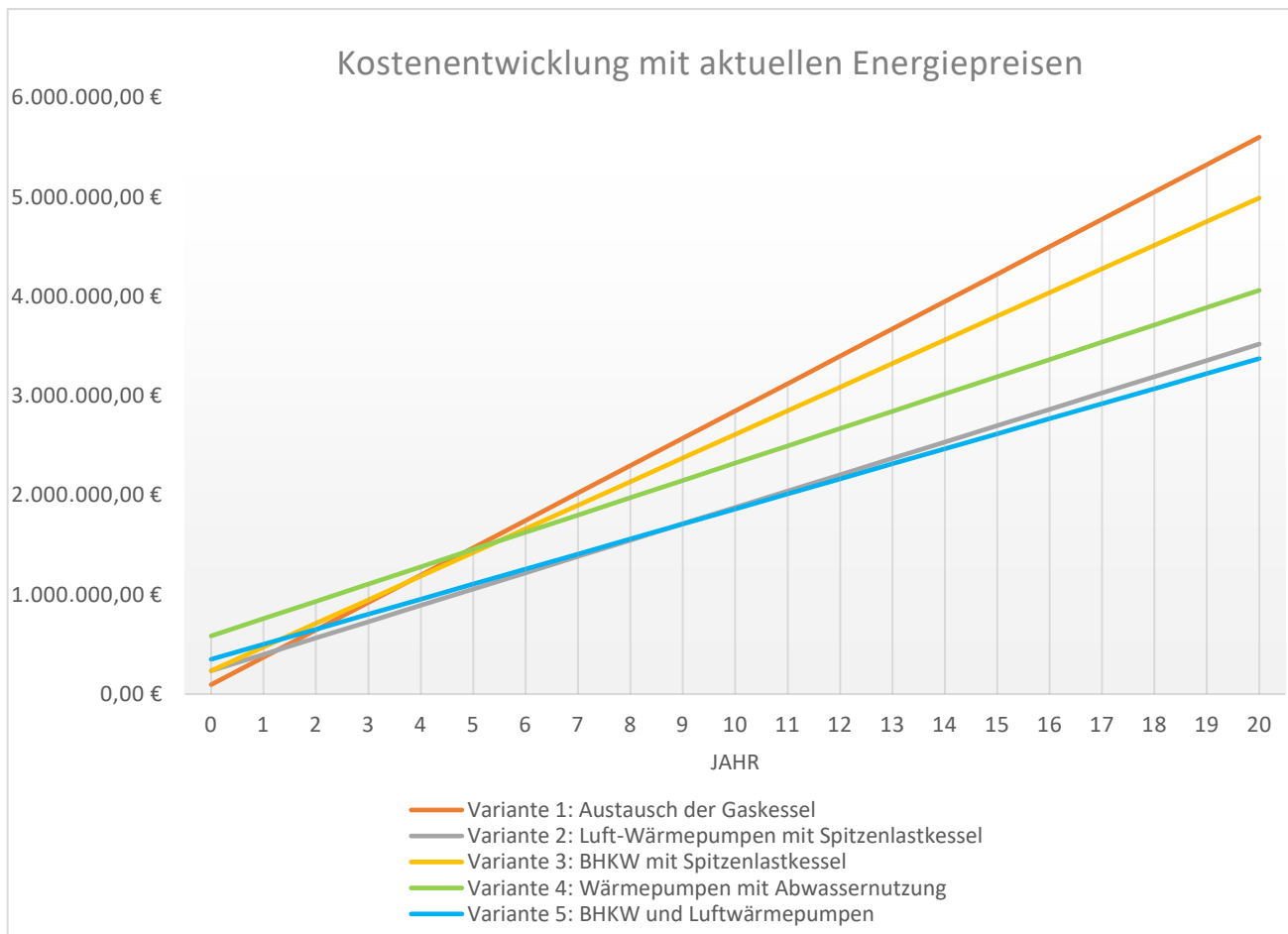
Für die verschiedenen Varianten ergeben sich schätzungsweise nachfolgende Kosten für die Herstellung der Anlage sowie den jährlichen Energieverbrauch. Details sind der separat beigefügten Kostenabschätzung zu entnehmen.

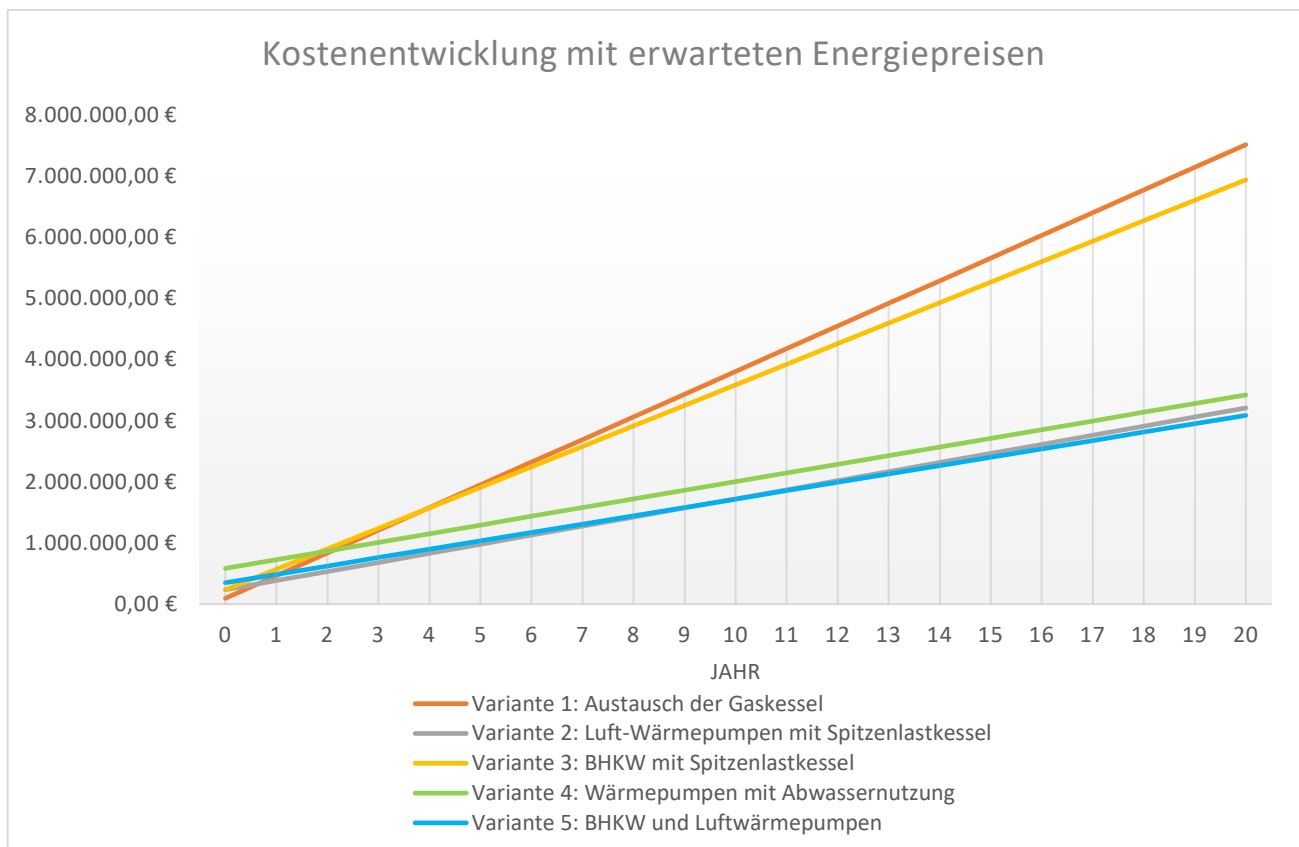
	Variante 1: Austausch der Gaskessel	Variante 2: Luft- Wärmepumpen mit Spitzenlastkessel	Variante 3: BHKW mit Spitzenlastkessel	Variante 4: Wärmepumpen mit Abwassernutzung	Variante 5: BHKW und Luftwärmepumpen
Investkosten	95.000,00 €	235.000,00 €	235.000,00 €	585.000,00 €	350.000,00 €
jährliche Energiekosten	275.392,26 €	164.339,61 €	237.827,14 €	173.867,61 €	151.279,14 €

In den nachfolgenden Diagrammen ist die Entwicklung der Gesamtkosten über einen Zeitraum von 20 Jahren aufgetragen. Das erste Diagramm berücksichtigt dabei die aktuellen Energiekosten gemäß Angaben von der Gemeinde. Das zweite Diagramm berücksichtigt in naher Zukunft zu erwartende, gestiegene

Energiekosten. Bei beiden Diagrammen ist dabei der gleiche Bedarf an Heizwärme und Strom berücksichtigt, der auf Grundlage der Heizlastabschätzung und der vorliegenden Verbrauchsdaten ermittelt wurde.

Die Kosten im Jahr 0 entsprechen dabei den Investkosten. In den nachfolgenden Jahren werden jeweils die Energiekosten akkumuliert.





Es ergibt sich dabei folgendes Bild:

Für die Variante 1, den reinen Austausch der bestehenden Gaskessel, ergeben sich derart hohe Verbrauchskosten, dass diese die niedrigen Investkosten bereits nach wenigen Jahren gegenüber allen anderen Varianten unwirtschaftlich machen.

Die Variante 3, der Ersatz der Gaskessel mit einem BHKW und Spitzenlastkesseln entwickelt nahezu gleich hohe Energiekosten bei einer wesentlich höheren Investition. Entsprechend ist auch diese Variante bereits nach wenigen Jahren unwirtschaftlich gegenüber den anderen Varianten.

Die Varianten 2 und 5, die Wärmeerzeugung über Wärmepumpen mit je einem Spitzenlastkessel oder BHKW, entwickeln sich in ähnlich mit vergleichsweise niedrigen Energiekosten. Beide erzeugen vergleichsweise moderate Investkosten. Durch den zusätzlich erzeugten Strom und den hohen Eigennutzungsanteil durch die Wärmepumpen liegen die Energiekosten bei der BHKW Lösung etwas niedriger, sodass diese Variante nach ca. 12 Jahren einen Kostenverteil erreicht.

Die Variante 4, Luft-Wärmepumpen und Abwasserwärmenutzung, erzielt im Vergleich die niedrigsten Energiekosten, allerdings auch die höchsten Investkosten. Der Vorteil bei den Energiekosten hebt dabei die höhere Investition gegenüber den Varianten 2 und 5 über den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren allerdings nicht auf.



## 6. Fazit

In diesem Variantenvergleich für die Erzeugung der Heizwärme wurden in Kapitel 1 die örtlichen Grundlagen im Bereich der Grundschule, Rathaus und Gellersenhalle in Reppenstedt ermittelt. Im Kapitel 2 wurden die erheblichen gesetzlichen Grundlagen für die weitere Betrachtung dargestellt.

Das Kapitel 3 stellt mögliche Technologien für die Erzeugung von Heizwärme und Strom dar und bewertet diese grundsätzlich auf ihre Umsetzbarkeit vor Ort und eine mögliche Wirtschaftlichkeit. Im Kapitel 4 werden aus diesen Technologien mögliche Kombinationen als Lösungsvarianten für dieses konkrete Projekt ermittelt. Im Kapitel 5 werden die Lösungsvarianten hinsichtlich der Invest- und Energiekosten schätzungsweise bewertet.

Der Vergleich ergibt, dass ein reiner Austausch der bestehenden Gaskessel oder der Ersatz mit einem BHKW (Varianten 1 und 3) sowohl wirtschaftlich als auch von den gesetzlichen Vorgaben her nicht umsetzbar sind. Im Ergebnis muss eine Lösung mit Wärmepumpen umgesetzt werden um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Gleichzeitig bilden diese auch die wirtschaftlichen Lösungen ab.

Aufgrund der bereits vorhandenen Photovoltaikanlage ist aus planerischer Sicht die Variante 2: Wärmepumpen mit Spitzenlastkessel die zu bevorzugende Variante. Diese bildet von den drei umsetzbaren Varianten die niedrigste Investition und relativ geringe Energiekosten ab. Alternativ lässt sich mit einem um ca. 100.000€ höheren Invest die Variante 5: BHKW und Luftwärmepumpen umsetzen. Eine Amortisation des höheren Invests lässt sich nach ca. 12 Jahren erwarten.

Die Variante 4: Wärmepumpen mit Abwassernutzung stelle aus planerischer Sicht eine Sonderlösung dar, die nur mit dem Anspruch den Energieverbrauch maximal zu reduzieren umgesetzt werden kann. Aufgrund der hohen Investition ist diese Variante gegenüber den Varianten 2 und 5 nicht wirtschaftlich umsetzbar.

Heinze-Stockfisch-Grabis + Partner GmbH  
Ingenieurbüro für Gebäudetechnik



ppa. Jan-Henrik Jochens

### Anlagen:

- Heizlastabschätzung Bestandsgebäude
- Kostenschätzung
- Kostenentwicklung