

# Energienutzungsplan

für die  
Gemeinde Speichersdorf



**Diese Studie wurde erstellt von:**

Alexander Schrammek

Erich Maurer

Christian Stenglein

**ENERGIEAGENTUR nordbayern GmbH**

Fürther Str. 244a

90429 Nürnberg

Fon: 0911/ 99 43 96-0

Fax: 0911/ 99 43 96-6

E-Mail: schrammek@ea-nb.de

E-Mail: maurer@ea-nb.de

**Beauftragt durch die Gemeinde Speichersdorf**

**Bearbeitungszeitraum:**

November 2021 bis Mai 2023

Diese Studie wird gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Ausgangslage .....</b>	<b>6</b>
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	6
1.2 Energiewende: Jetzt oder nie.....	6
1.3 Rahmendaten.....	8
1.3.1 Beschreibung des Gebiets.....	8
1.3.2 Demographie und demographische Entwicklung .....	9
1.3.3 Flächennutzung .....	10
1.3.4 Energiepolitische Zielsetzung der Kommune.....	10
<b>2 Energiebilanz Wärme .....</b>	<b>11</b>
2.1 Gebäudenutzung.....	11
2.2 Wohngebäudebestand.....	13
2.2.1 Wohngebäude / Heizwärme- und Endenergiebedarf.....	14
2.3 Leitungsgebundene Wärmeerzeugung .....	16
2.3.1 Erdgasverbrauch .....	16
2.3.2 Wärmeverbund .....	16
2.4 Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung .....	17
2.4.1 Solarthermie.....	17
2.4.2 Biomasse (Holz).....	18
2.4.3 Wärmepumpen, Oberflächennahe Geothermie.....	18
2.5 Gesamter Wärmebedarf - Wärmebereitstellung.....	20
<b>3 Potenzialanalyse Energieeinsparung Wärme .....</b>	<b>21</b>
3.1 Wohngebäude Sanierungspotenzial .....	21
3.2 Gesamtes Reduktionspotenzial Wärme.....	23
<b>4 Gebäudescharfes Wärmekataster .....</b>	<b>24</b>
4.1 Gebäudebestand Jahreswärmebedarf je Gebäude .....	24
4.2 Gebäudebestand Wärmekataster.....	26
4.3 Trend-Szenario Wärmekataster.....	28
4.4 Klimaschutz-Szenario Wärmekataster .....	30
<b>5 Energiebilanz Strom .....</b>	<b>32</b>
5.1 Gesamter Stromverbrauch.....	32
5.2 Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung .....	33
5.2.1 Photovoltaikanlagen .....	34
5.2.2 Windkraftanlagen .....	35
5.2.3 Biomasse (Biogas) KWK-Anlagen .....	36
5.2.4 Wasserkraft.....	36
5.2.5 Gegenüberstellung Stromverbrauch – bestehendes Stromerzeugungspotenzial .....	37
<b>6 Maßnahmen/Schwerpunktprojekte.....</b>	<b>38</b>
6.1 Ausbaupotenzial Freiflächen-PV .....	39
6.2 Bestandsbewertung und Sanierungskonzept Schulareal Grund- und Mittelschule .....	41
6.2.1 Begehung und Bewertung Bestandsgebäude.....	43
6.2.1.1 Gebäudehülle.....	45

6.2.1.2	Heizungstechnik/Warmwassererzeugung .....	53
6.2.1.3	Beleuchtung .....	58
6.2.2	Sanierungskonzept Grund- und Mittelschule .....	60
6.2.2.1	Fördermöglichkeiten .....	60
6.2.2.2	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	61
6.2.2.3	Abriss Festhalle, Halle West und ehem. Wohnhaus .....	61
6.2.2.4	Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle und Beleuchtung....	64
6.2.2.5	Sanierung zum Effizienzgebäude 70 .....	69
6.2.2.6	Empfehlung .....	73
6.3	Wärmeversorgungskonzept Neubaugebiet Kirchenlaibach.....	74
6.3.1	Grundlagenermittlung.....	74
6.3.2	Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse-Hackschnitzelzentrale	76
6.3.3	Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse und Freiflächen-Solarthermie .....	77
6.3.4	Kalte Nahwärme mit Geothermie .....	78
6.3.5	Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmeversorgung Neubaugebiet...	81
6.3.5.1	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	81
6.3.5.2	Jahresgesamtkosten zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse-Hackschnitzel .....	83
6.3.5.3	Jahresgesamtkosten zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse und Solarthermie .....	84
6.3.5.4	Jahresgesamtkosten Kalte Nahwärme mit Geothermie .....	85
6.3.5.5	Jahresgesamtkosten dezentrale Luft-Wärmepumpen.....	86
6.3.6	Variantenvergleich Wärmeversorgung Neubaugebiet Kirchenlaibach .....	87
6.4	Wasserstoffelektrolyse Speichersdorf .....	89
6.4.1	Grundsätzliches .....	89
6.4.2	Zukünftige Entwicklungen .....	89
6.4.3	Grundsätzliches zur Anwendung in Speichersdorf.....	90
6.4.4	Grundsätzliche Betrachtung der Wirtschaftlichkeit.....	91
6.4.4.1	Chlor-Alkali Elektrolyse (Natronlauge und Chlor) .....	91
6.4.4.2	Polymer-Elektrolyt Membran.....	92
6.4.5	Analyse der PV- und Winderzeugung in Speichersdorf.....	94
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>96</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	96
7.2	Tabellenverzeichnis.....	98
7.3	Abkürzungen .....	99
7.4	Einheiten .....	101
7.5	Pläne.....	102



# 1 Ausgangslage

## 1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Der Gemeinderat der Gemeinde Speichersdorf hatte beschlossen, einen Energienutzungsplan erstellen zu lassen. Dieser Plan, der von der Bayerischen Staatsregierung ausdrücklich empfohlen wird, soll Kommunen einen strukturierten Einstieg in die Energiewende ermöglichen, oder auch dessen Fortführung optimieren. Der Energienutzungsplan wird als Grundlage für künftige energiepolitische Entscheidungen dienen.

In einer Bestandsanalyse werden die Strukturen der Energieversorgung, der aktuelle Verbrauch und mögliche Einspar- und Erzeugungsmöglichkeiten untersucht. Als Schwerpunktthemen wird der Ausbau der Freiflächen-PV, ein energetisches Sanierungskonzept für die Grund- und Mittelschule ein Wärmeversorgungskonzept für das geplante Neubaugebiet in Kirchenlaibach sowie der Aufbau einer regionalen Wasserstoffherzeugung erstellt.

## 1.2 Energiewende: Jetzt oder nie.

„Jetzt erst recht! Bis 2045 wollen wir ein klimaneutrales Industrieland sein. Das machen wir für den Klimaschutz. Gleichzeitig gewinnen wir so Unabhängigkeit – ökonomisch und politisch“, sagt Bundeskanzler Olaf Scholz am 06.04.2022 bei der Befragung der Bundesregierung im Deutschen Bundestag.<sup>1</sup> Die verschiedenen bisher existierenden Energiegesetze tragen nicht mehr in dem Maße zur Umsetzung der Energiewende bei als es notwendig ist, um die Ziele zur Erreichung nationaler Sicherheit zu erreichen und eine extreme Erderwärmung zu verhindern. Daher kam es Anfang April zu einer umfangreichen Novellierung der entsprechenden Gesetze. Umgesetzt durch das Osterpaket.

Ziel ist es hierbei, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien massiv beschleunigt wird. Das BMWK sagt, dass die Verdreifachung der Geschwindigkeit beim Ausbau der Erneuerbaren im öffentlichen Interesse und der öffentlichen Sicherheit liegt.

Die Verlegung des Schwerpunkts der Politik wird getrieben durch die fortschreitende Klimakrise und dem völkerrechtswidrigen Einmarsch Russlands in die Ukraine. Durch den Einmarsch Russlands in die Ukraine zeigt sich drastisch, wie essenziell der Ausbau der erneuerbaren Energie ist, um nationale Sicherheit zu erzielen.<sup>2</sup>

Die Zwischenziele zur Erreichung der Klimaneutralität 2045 wurden folgendermaßen definiert: Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 80 Prozent steigen. Bis 2035 zielt die Bundesregierung auf eine nahezu treibhausgasneutrale Stromerzeugung ab. Man hat das Gefühl, dass es langsam ernst wird.<sup>3</sup>

Der aktuelle Bericht des Weltklimarat (IPCC) vom 4. April 2022 hat auch noch mal dargestellt, dass es zwingend nötig ist, die CO<sub>2</sub>-Neutralität schon Mitte des Jahrhunderts zu erreichen, da ansonsten eindeutig das 1,5 Grad Ziel überstiegen wird und somit mit dramatischen Auswirkungen zu rechnen ist. Selbst wenn das 1,5 Grad Ziel erreicht wird, werden die Folgen der Erderwärmung für Jeden zu spüren sein.

---

<sup>1</sup> Quelle: Klimaschutz in Deutschland und weltweit | Bundesregierung

<sup>2</sup> Überblickspapier Osterpaket 06.04.2022 | bmwi.de

<sup>3</sup> Quelle: Klimaschutz in Deutschland und weltweit | Bundesregierung

Die durchschnittliche jährliche Treibhausgas-Emissionen /Greenhousegases in dem Zeitraum zwischen 2010 – 2019 waren höher als zu jedem anderen Zeitraum bisher. Ein kleiner Hoffnungsschimmer ist, dass die Wachstumsrate im selben Zeitraum niedriger als im Zeitraum von 2000 bis 2009 war.

Trotz alledem sagen die Wissenschaftler vorher, dass ohne drastische Erhöhung der politischen Maßnahmen der mittleren globalen Erwärmung auf 3,2 Grad bis 2100 ansteigen wird. Wenn dies eintritt, werden große Teile der Welt nicht mehr bewohn- und bewirtschaftbar sein.<sup>4</sup>

---

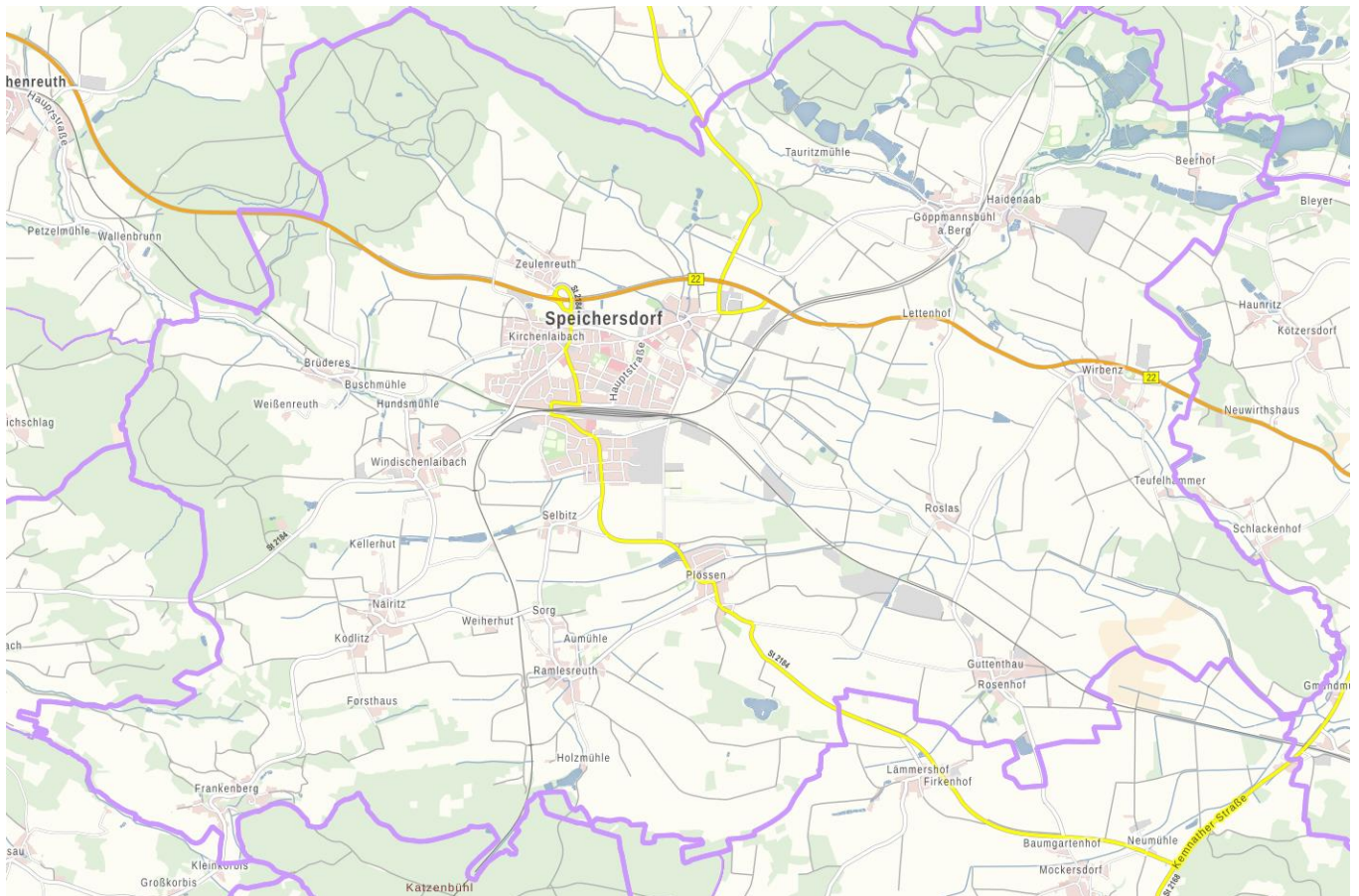
<sup>4</sup> Quelle: IPCC\_AR6\_WGIII\_FinalDraft\_FullReport.pdf S.63

## 1.3 Rahmendaten

### 1.3.1 Beschreibung des Gebiets

Die Gemeinde Speichersdorf liegt im bayerischen Regierungsbezirk Oberfranken und gehört zum Landkreis Bayreuth. Der Landkreis, sowie dessen Gemeinden gehört zur Metropolregion Nürnberg.

**Abbildung 1: Übersichtskarte Gemeinde Speichersdorf**



Quelle: BayernAtlas

Die Bundesstraße 22 quert das Gemeindegebiet von Ost nach West, nördlich vom Hauptort Speichersdorf. In Speichersdorf befinden sich der Bahnknotenpunkt Kirchenlaibach der Bahnlinien Nürnberg–Cheb und Bayreuth–Weiden. An der Bahnlinie Nürnberg–Cheb liegt außerdem noch der Haltepunkt Haidenaab-Göppmannsbühl auf dem Gemeindegebiet.

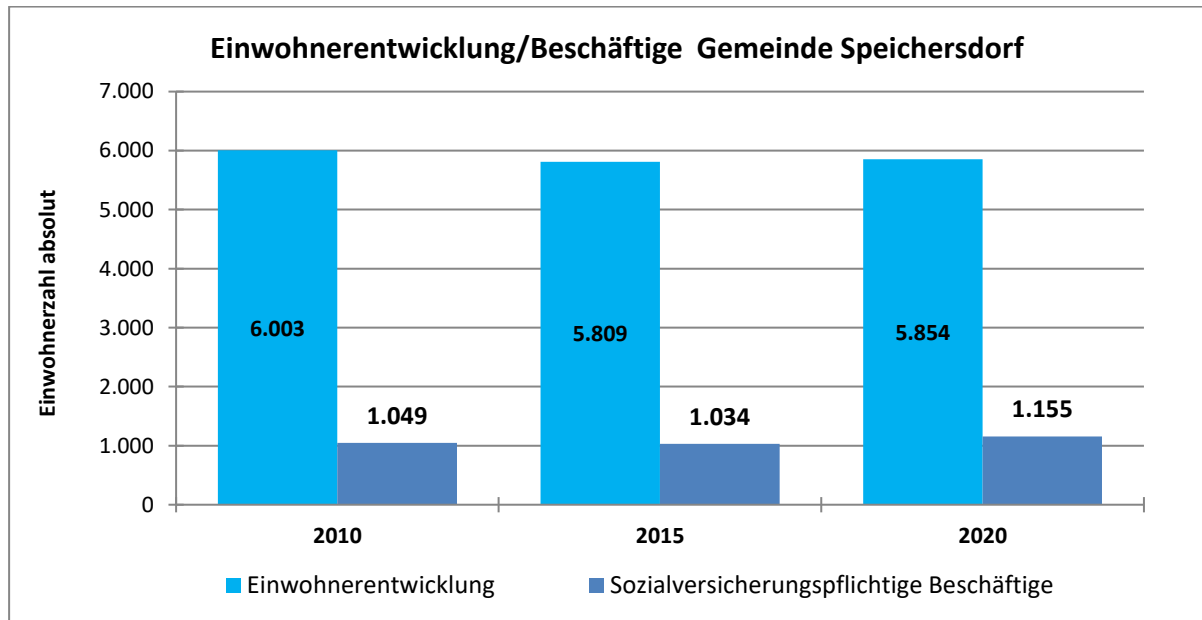
Seit der Gebietsreform in den 70er Jahren gibt es insgesamt 31 Gemeindeteile.



### 1.3.2 Demographie und demographische Entwicklung

Zum 31.12.2020 hatte die Gemeinde Speichersdorf 5.845 Einwohner und 1.155 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte. Die Bevölkerungsdichte beträgt ca. 110 Einwohner pro Quadratkilometer und liegt somit über dem Durchschnitt des Landkreises Bayreuth mit 81 EW/km<sup>2</sup> aber unter dem bayerischen Mittel von 187 EW/km<sup>2</sup>.

**Abbildung 2: Einwohnerentwicklung 2010 bis 2020**



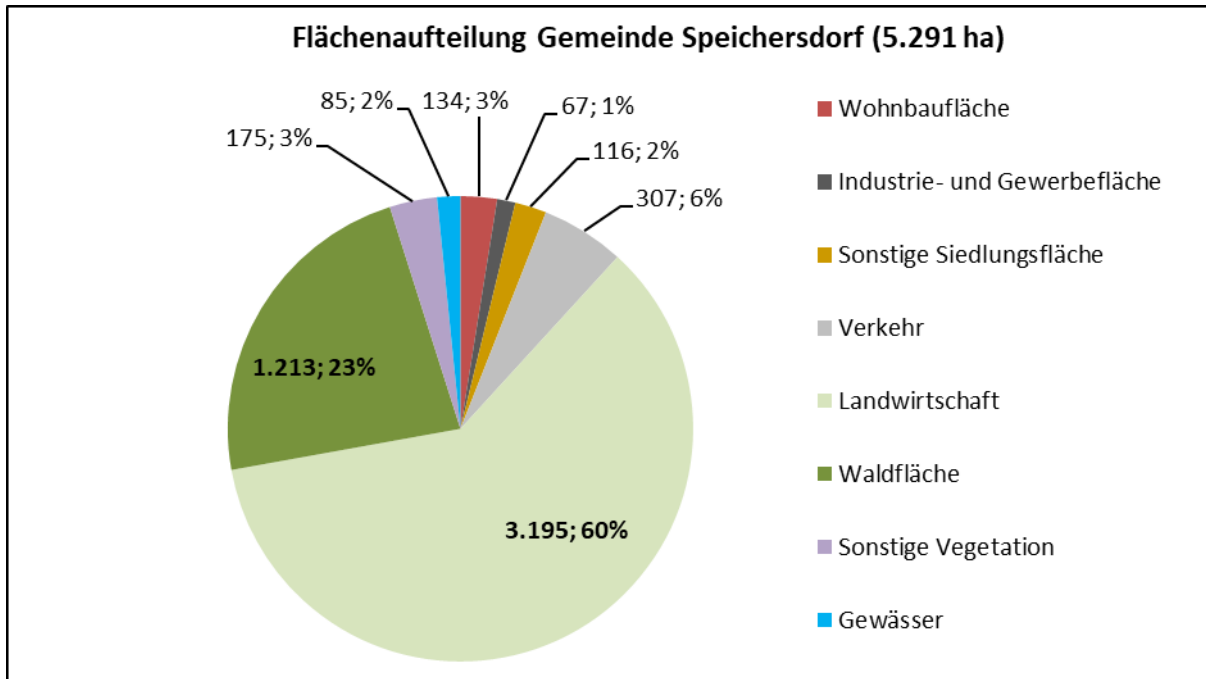
Quelle: Eigene Darstellung auf der Grundlage von Statistik Kommunal (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung)

In den letzten zehn Jahren ist die Einwohnerzahl um 2,6 % zurückgegangen, die Zahl der Beschäftigten ist dagegen im gleichen Zeitraum um 10 % angestiegen.

### 1.3.3 Flächennutzung

Das Gemeindegebiet umfasst insgesamt 5.291 ha. Den größten Anteil nimmt mit 60 % die Landwirtschaftsfläche ein, gefolgt von 23 % Waldfläche. Lediglich 6% des Gemeindegebietes sind Siedlungsflächen.

**Abbildung 3: Flächennutzung**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik Kommunal

Der große Anteil an Landwirtschafts- und Waldfläche bietet ausreichend Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien. (Plandarstellung der Flächennutzung im Anhang)

### 1.3.4 Energiepolitische Zielsetzung der Kommune

Die Gemeinde Speichersdorf leistet bereits seit Jahren einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zählt im Landkreis Bayreuth zu den Vorreiter-Kommunen in Sachen Klimaschutz und Erzeugung Erneuerbarer Energien. Unter Berücksichtigung des bereits beschlossenen Bürgersolarparks und des bereits überplanten Gebietes entlang der Danziger Straße werden rund 57,7 Hektar im Gemeindegebiet für die Erzeugung regenerativer Energie durch PV-Freiflächenanlagen genutzt. Dies entspricht rund 1,1 % des Gemeindegebietes.

Ein Gemeinderatsbeschluss vom Oktober 2022 besagt, dass sich zusätzliche Flächen für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in einem Korridor von rund 200 m entlang der Bahnlinie Kirchenlaibach-Weiden und des Streckenabschnitts Kirchenlaibach-Marktredwitz bis zur Bundesstraße 22 sowie als Abrundung/Ergänzung bestehender Anlagen konzentrieren sollen. Jegliche neu errichtete Anlage zur Erzeugung Erneuerbarer Energie muss zwingend ein Bürgerbeteiligungsmodell anbieten. Die Beteiligung der Gemeinde oder der Bioenergie Speichersdorf ist von Fall zu Fall zu prüfen.

## 2 Energiebilanz Wärme

In Speichersdorf gibt es eine Erdgasversorgung durch die Bayernwerk Netz GmbH. Die Verbrauchsdaten wurden für die Erstellung des Energienutzungsplans zur Verfügung gestellt. Ausgehend von der Grund- und Mittelschule gibt es einen Wärmeverbund mit Hackschnitzelwärme, der zusätzlich die Sportarena und das Rathaus versorgt. Die Erhebung der Wärmeerzeugung aus sonstigen Erneuerbaren Energien erfolgt durch die Auswertung der Förderkennzahlen des zuständigen Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Der gesamte Wärmebedarf für Speichersdorf wird anhand der GIS-Daten aus der Gebäudenutzung, der Gebäudegrundfläche und -Höhe sowie spezifischen Energiekennwerten ermittelt. Hieraus wird in der Folge das gebäudescharfe Wärmekataster erstellt.

### 2.1 Gebäudenutzung

Die Gebäudenutzung wird anhand der Angaben der digitalen Flurkarte (DFK) ermittelt. Für die Gemeinde Speichersdorf sind 50 % Wohngebäude, 48 % Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe und 2 % öffentliche Gebäude angegeben. Folgende Abbildungen zeigen die Gebäudenutzung anhand der DFK vom Vermessungsamt:

**Abbildung 4: Gebäudenutzung Hauptort**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage DFK (Maßstabsgerechter Plan im Anhang)

Abbildung 5: Gebäudenutzung Gemeindeteile

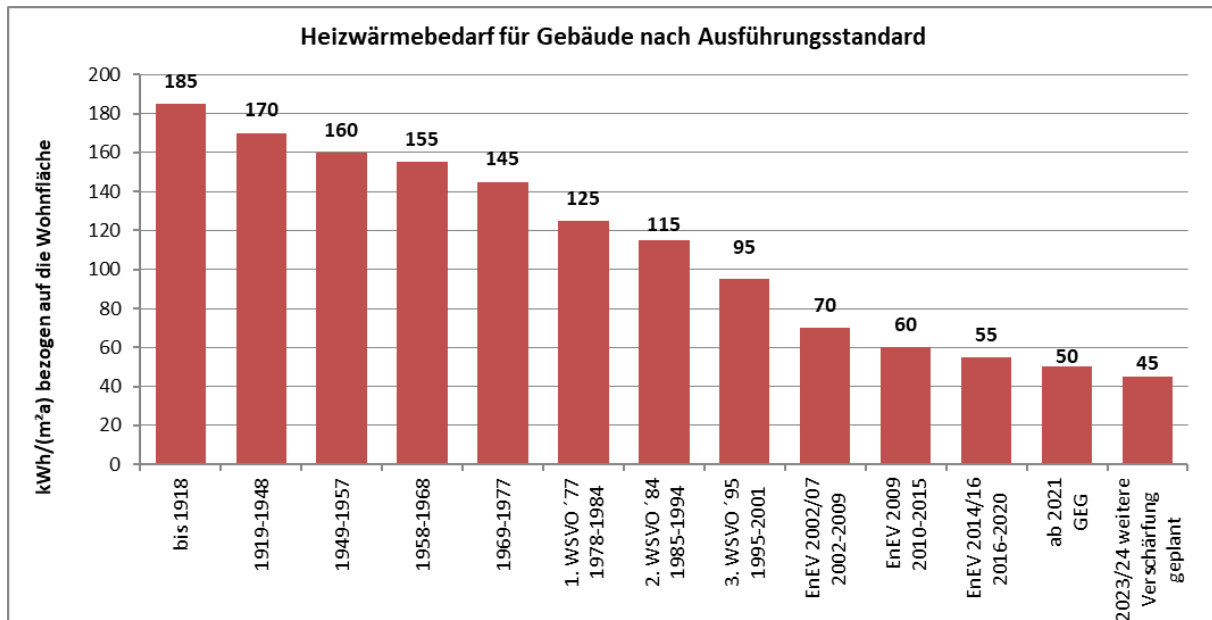


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage DFK (Maßstabgerechter Plan im Anhang)

## 2.2 Wohngebäudebestand

Für die Wohngebäude wird der Wärmebedarf anhand statistischer Daten ermittelt und in die DFK übertragen. Folgende Abbildung zeigt den statistischen Heizwärmebedarf für den Gebäudebestand nach Ausführungsstandard:

**Abbildung 6: Heizwärmebedarf für Wohngebäude nach Ausführungsstandard**



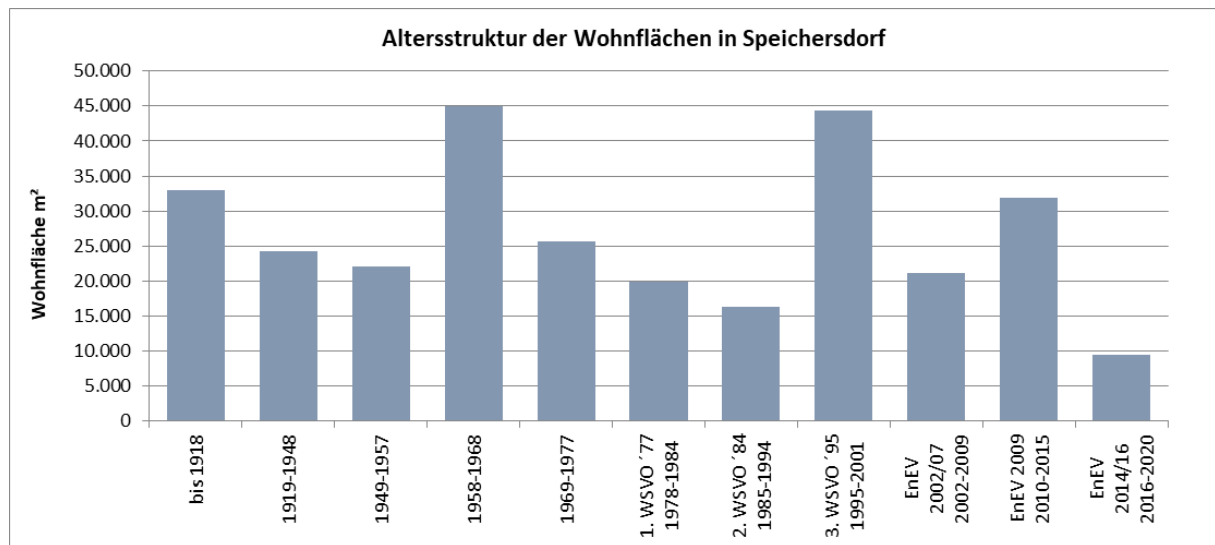
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung auf Grundlage Institut für Wohnen und Umwelt IWU; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Während frühere Dämmvorschriften allein die Verhinderung von Schäden durch Kondensatausfall in den Bauteilen im Blickfeld hatten, sollte durch die Einführung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1977 zum ersten Mal der Endenergiebedarf der Gebäude gesenkt werden. Die erste und zweite WSVO definieren erstmals Wärmeschutzstandards für einzelne Bauteile. Seit der 3. WSVO von 1995 wird für Neubauten der Jahres-Heizwärmebedarf auf ca. 95 kWh/a je m<sup>2</sup> Wohnfläche begrenzt. In der Energie-Einsparverordnung (EnEV) von 2002 werden die Regelwerke für die Qualität der Gebäudehülle und der Effizienz der Anlagentechnik zusammengefasst. Die EnEV definiert demzufolge einen einzuhaltenden Jahres-Primärenergiebedarf. Eine Novellierung der EnEV im Jahr 2009 und 2014 führte zu einer weiteren Verbesserung der Energiestandards im Gebäudebereich.

Seit Nov. 2020 ersetzt das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) die EnEV. Hier kam es zu geringfügigen Änderungen für den Neubau und die Sanierung. Aufgrund der aktuellen GEG-Novelle wurde ab 2023 eine weitere Verschärfung für die Neubauanforderungen eingeführt.

Folgende Abbildung zeigt die Bautätigkeit in Abhängigkeit der Baualtersklassen:

**Abbildung 7: Altersstruktur des Wohnraums**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik Kommunal

Im Gemeindegebiet Speichersdorf gibt es mit 11 % einen relativ großen historischen Gebäudebestand (bis 1918). Die größte Bautätigkeit hatte dann in den 60er und 90er Jahren stattgefunden. Besonders bei Gebäuden, die bis zur 3. WSVO errichtet wurden, sind durch energieeffiziente Gebäudesanierung hohe Einsparpotenzial zu realisieren.

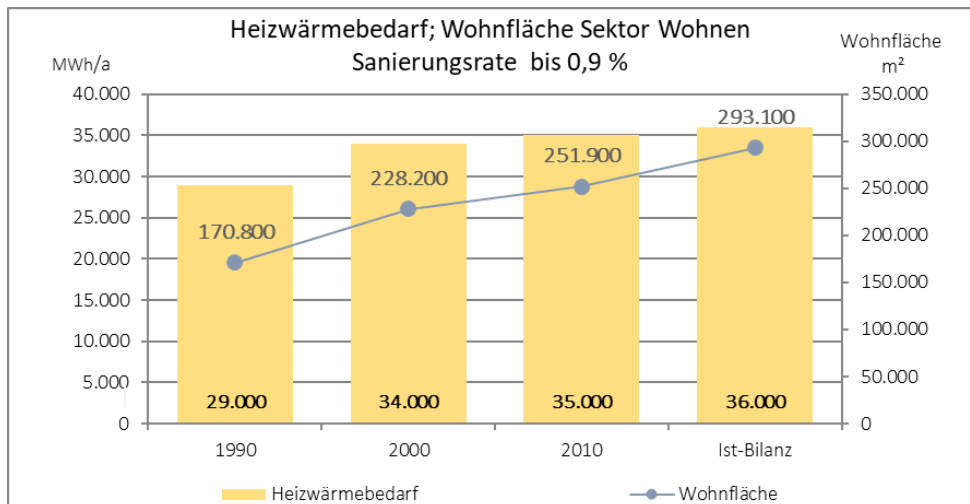
Insgesamt gibt es im Gemeindegebiet momentan rund 293.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche bei 2.691 Wohneinheiten in 1.588 Wohngebäuden. Jeder Einwohner bewohnt im Durchschnitt 50 m<sup>2</sup>.

### 2.2.1 Wohngebäude / Heizwärme- und Endenergiebedarf

Unter Berücksichtigung aller direkten und indirekten Emissionen sind Gebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) derzeit für bis zu 30 Prozent der Treibhausgasemissionen (THG) in Deutschland verantwortlich. Das Bundes-Klimaschutzgesetz der Bundesregierung fordert einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045<sup>5</sup>. Das größte Einsparpotenzial liegt hierbei in der energetischen Gebäudesanierung. Die energetische Sanierungsrate liegt derzeit bei jährlich knapp einem Prozent.

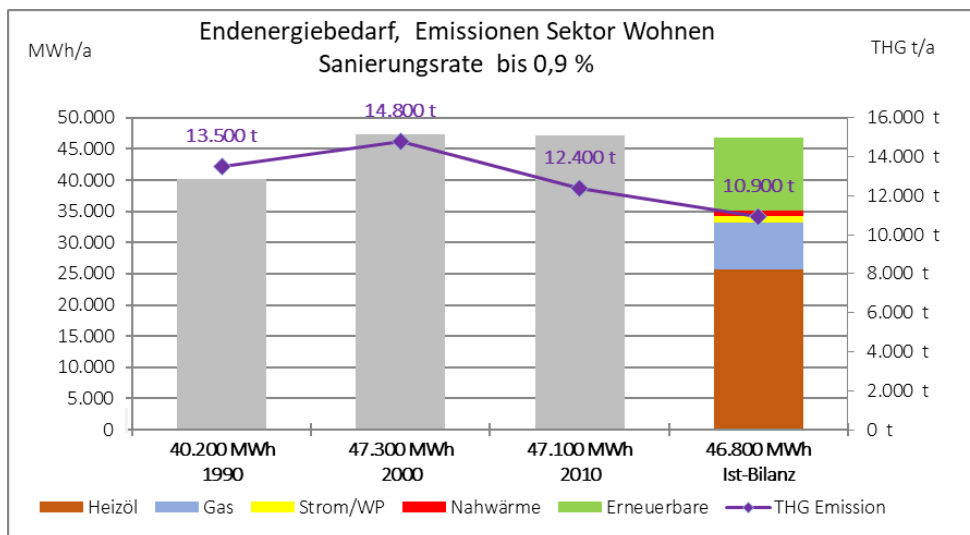
Bei den folgenden Berechnungen ist zu berücksichtigen, dass von der Energiebedarfsseite ausgegangen wird. Unter Berücksichtigung des energetischen Standards des Gebäudebestandes und eines standardisierten Nutzerverhaltens wird der durchschnittliche Heizwärmebedarf der Gebäude ermittelt. Die Ergebnisse des tatsächlichen Energieverbrauchs können aufgrund von abweichenden Nutzerverhalten davon abweichen.

<sup>5</sup> Klimaschutzgesetz der Bundesregierung, 12.05.2021 und Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes

**Abbildung 8: Entwicklung Wohnfläche und Heizwärmebedarf**

Zwischen 1990 und 2020 steigt der Heizwärmebedarf um 24% an, dagegen ist die Wohnfläche in den letzten 30 Jahren um 72% gewachsen. Diese Diskrepanz ist auf immer höhere energetische Anforderungen an den Gebäude Neubau und die gleichzeitige Gebäudesanierung zurückzuführen.

Unter Berücksichtigung des zusätzlichen Wärmebedarfs für die Trinkwassererwärmung (TWW) und der Erzeugungsverluste der Heizungsanlagen hatte sich der gesamte Endenergiebedarf wie folgt entwickelt:

**Abbildung 9: Entwicklung Endenergiebedarf Wohngebäude**

Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestandes und die fortwährende Verbesserung der Heiztechnik wird der nötige Wärmebedarf immer effizienter erzeugt. Trotz des Wohnflächenzuwachses ist der Endenergiebedarf im Gebäudesektor seit 2000 rückläufig.

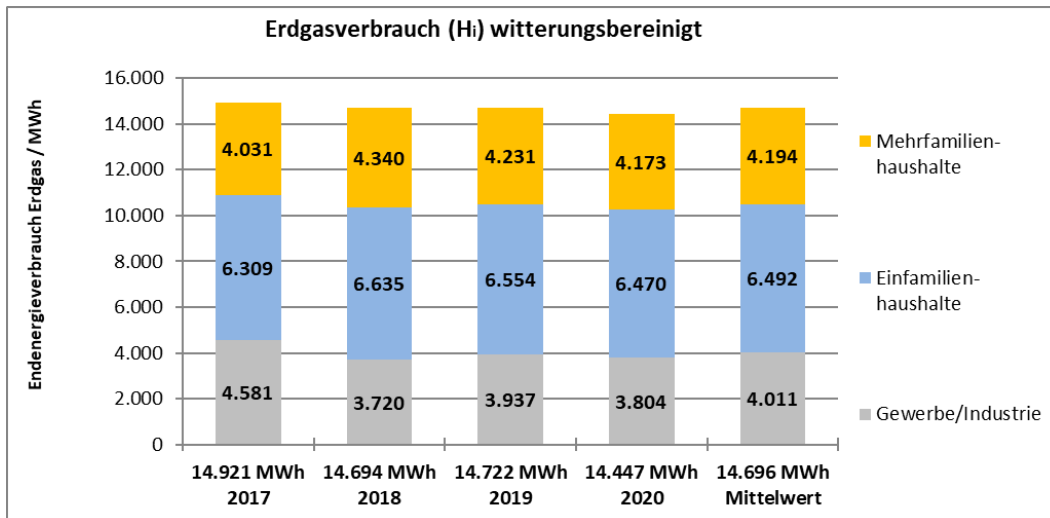
Für das Jahr 2020 konnte der aktuelle Heizwärmemix berechnet werden, der sich durch den steigenden Anteil an erneuerbarer Wärme stetig verbessert. (Siehe auch Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung). Die THG-Emissionen sind mit derzeit 10.900 t jährlich im Vergleich zu 1990 um 19% zurückgegangen. Trotzdem werden noch 55% der Wärme im Wohnbereich mit Heizöl erzeugt.

## 2.3 Leitungsgebundene Wärmeerzeugung

### 2.3.1 Erdgasverbrauch

Durch die Bayernwerk Netz GmbH wurden die Verbrauchsdaten der Jahre 2017 bis 2020 zur Verfügung gestellt:

**Abbildung 10: Erdgasverbrauch Speichersdorf**



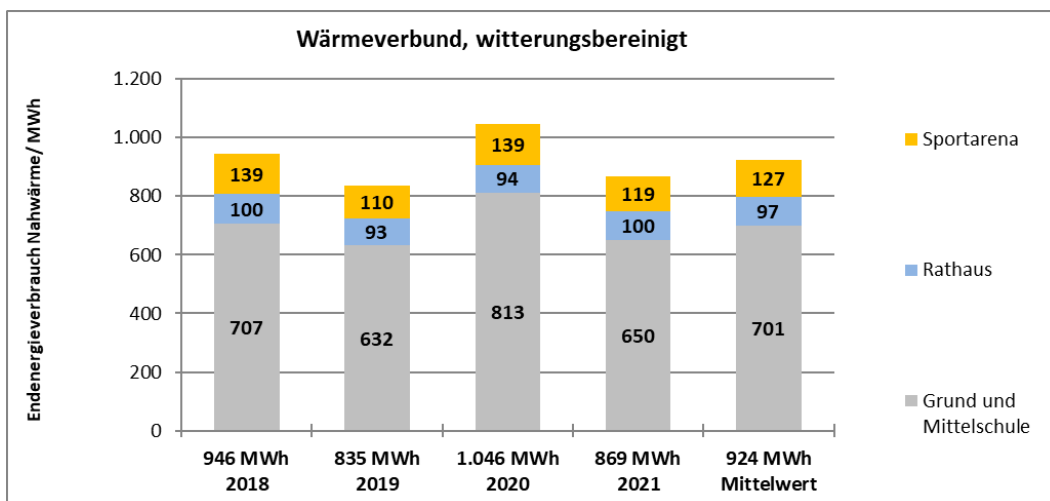
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

Im Mittel werden jährlich ca. 14.700 MWh Erdgas verbraucht. Hiervon 44 % durch Einfamilienhaushalte und jeweils 28 % durch Mehrfamilienhaushalte sowie Gewerbe/Industrie.

### 2.3.2 Wärmeverbund

Ausgehend von der Grund- und Mittelschule erfolgt die Wärmeversorgung der Sportarena und des Rathauses durch Hackschnitzelwärme.

**Abbildung 11: Geförderte Biomasseanlagen**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Gemeinde Speichersdorf

Der mittlere Wärmeverbrauch der letzten vier Jahre beträgt 924 MWh. Hiervon die Grund- und Mittelschule einen Anteil 75 %.



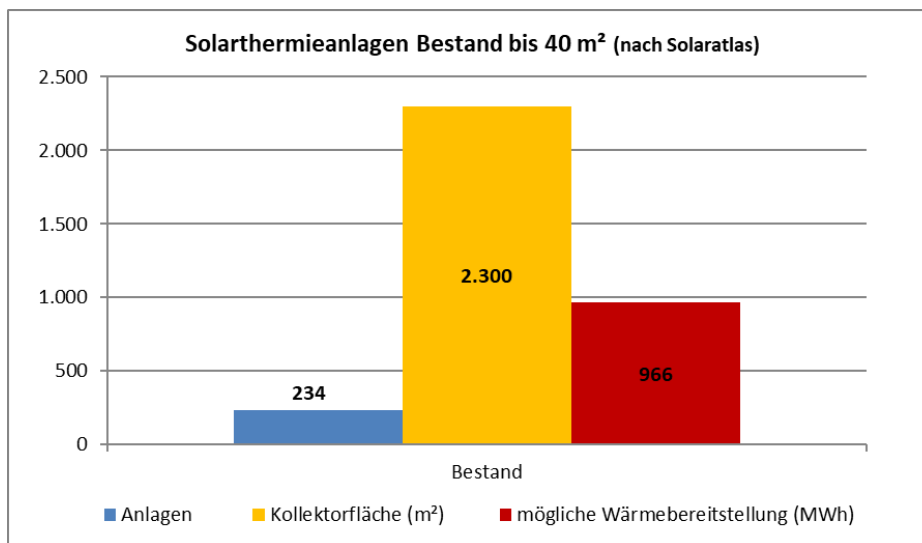
## 2.4 Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung

Im Gemeindegebiet Speichersdorf sind Solarthermieanlagen, Biomasseanlage und Wärmepumpen zur regenerativen Wärmeerzeugung im Einsatz.

### 2.4.1 Solarthermie

Solarthermische Anlagen erzeugen Wärme zur Warmwassererwärmung und/oder Heizungsunterstützung. Zur Datenerhebung kann hier auf den Solaratlas zurückgegriffen werden, der seit 2001 die geförderten Solarthermieanlagen bis 40 m<sup>2</sup> Kollektorfläche abbildet.

**Abbildung 12: Installierte Solarthermieanlagen**



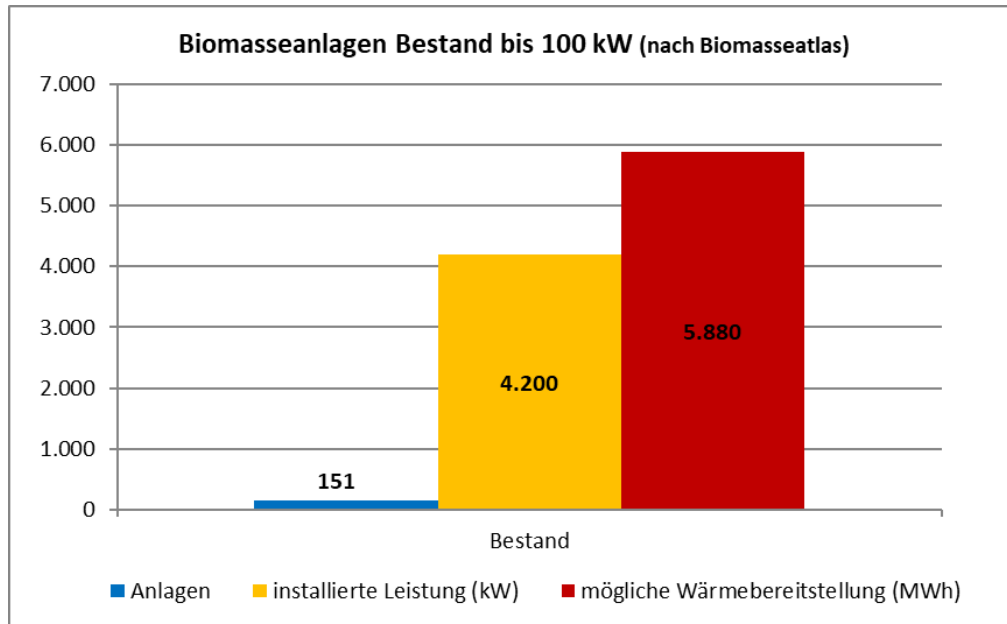
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Solaratlas

Im Jahr 2020 sind in Speichersdorf 134 geförderte Solarthermieanlagen mit 2.300 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert und erzeugen rund 1.000 MWh Wärme. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt bei 9,8 m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

## 2.4.2 Biomasse (Holz)

Biomasseanlagen zur reinen Wärmeerzeugung werden mit Scheitholz, Hackschnitzeln und Holzpellets betrieben. Zur Datenerhebung kann hier auf den Biomasseatlas zurückgegriffen werden, der aber lediglich die geförderten Biomasseanlagen bis 100 kW Nennwärmeleistung erfasst.

**Abbildung 13: Geförderte Biomasseanlagen**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Biomasseatlas

Derzeit sind 151 geförderte Biomasseanlagen mit 4.200 kW Nennleistung installiert und erzeugen ca. 5.900 MWh Wärme. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt hier bei 25 kW.

In Anlehnung an das Energiekonzept von 2013 und vergleichbarer Kommunen, liegt die Wärmeerzeugung durch Biomasseanlagen vermutlich viermal so hoch, bei jährlich rund 23.500 MWh.

## 2.4.3 Wärmepumpen, Oberflächennahe Geothermie

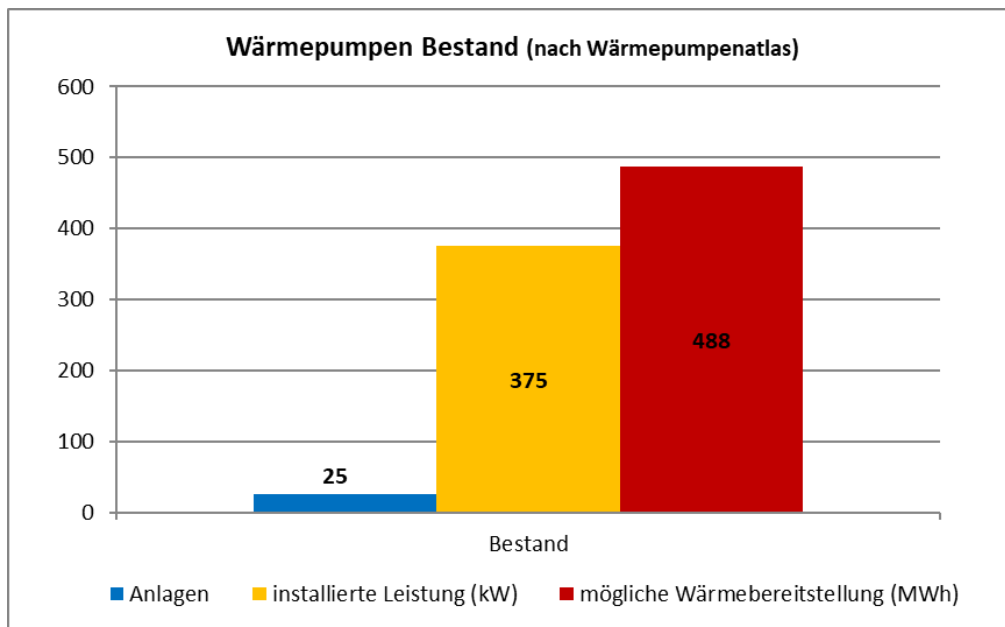
Eine Wärmepumpe erzeugt unter Aufwendung von Strom thermische Energie aus einem Reservoir mit niedrigerer Temperatur (Umgebungswärme) und hebt dies auf ein höheres Temperaturniveau (Raumwärme). Mit Wärmepumpen kann im Sommer auch gekühlt werden.

Für Wärmepumpen gibt es drei verschiedene Techniken:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe, entzieht die Energie aus der Umgebungsluft
- Sole-Wasser-Wärmepumpe, entzieht die Energie aus der Erde über Kollektoren oder Erdwärmesonden
- Wasser-Wasser-Wärmepumpe, entzieht die Energie aus dem Grundwasser

Zur Datenerhebung kann hier auf den Wärmepumpenatlas zurückgegriffen werden, der aber lediglich die seit 2007 geförderten Wärmepumpen abbildet.

**Abbildung 14: Geförderte Wärmepumpen**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Wärmepumpenatlas

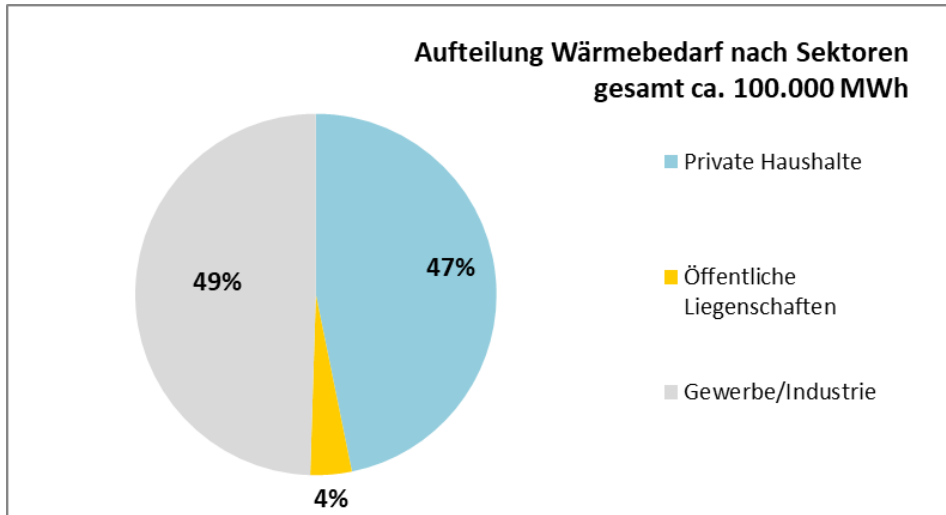
Derzeit sind im Gemeindegebiet 25 geförderte Wärmepumpen erfasst, die insgesamt knapp 500 MWh Wärme erzeugen könnten.

Nach Bayernwerk werden jedoch knapp 1.300 MWh Wärmestrom mit getrennter Messung angegeben (siehe Energiebilanz Strom). Bei 50 % Wärmepumpennutzung könnten dadurch in etwa 2.300 MWh Wärme erzeugt werden.

## 2.5 Gesamter Wärmebedarf - Wärmebereitstellung

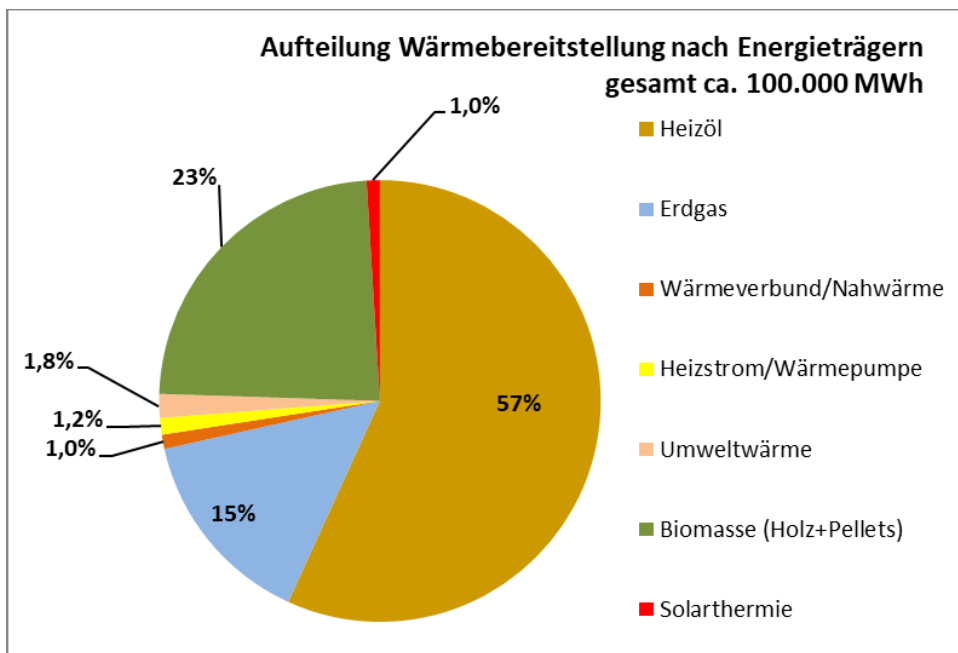
Anhand der Gebäudenutzung aus der DFK und der statistischen Daten des Wohngebäudebestandes erfolgt eine Hochrechnung auf den gesamten Gebäudebestand und Wärmebedarf im Gemeindegebiet Speichersdorf.

**Abbildung 15: Aufteilung Wärmebedarf nach Verbrauchern gesamtes Gemeindegebiet**



Aktuell besteht ein gesamter, jährlicher Wärmebedarf von rund 100.000 MWh. Die Wohngebäude haben einen Anteil von 47 %, die Nichtwohngebäude von 53 %. Bei der Aufteilung Wärmebereitstellung sind auch die vorhandenen Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung berücksichtigt.

**Abbildung 16: Aufteilung Wärmebereitstellung nach Energieträgern und THG-Emissionen**



Insgesamt werden aktuell noch knapp 60 % der gesamten Wärme durch Heizöl erzeugt. Mit Erdgas haben die fossilen Energien einen Anteil von 2/3. Bei der erneuerbaren Wärmeerzeugung leistet die Biomasse aus Holz den mit Abstand größten Beitrag.

### 3 Potenzialanalyse Energieeinsparung Wärme

Im Folgenden wird ausgehend von der Wohngebäudesanierung das Einsparpotenzial für den gesamten Gebäudebestand abgeleitet.

Ausgehend von der Bestandssituation wurden zwei Gebäude-Sanierungsszenarien simuliert. Beim Szenario Trend 2045 wird lediglich von einer leicht steigenden Sanierungsrate ausgegangen, nach dem Motto „weiter so“. Der Sanierungsstandard wird in Richtung Komplettsanierung gedacht und nicht mehr nur in Einzelmaßnahmen wie z.B. Fenstertausch.

Für das Szenario Klimaschutz 2045 muss sich die Sanierungsrate auf 2 % verdoppeln. Das Sanierungsniveau entspricht derzeitigen Effizienzhausstandards. Diese entsprechen dem Stand der Technik und sind aufgrund der aktuellen Energiekrise und Diskussion um Energieeinsparung ein realistischer Ansatz.

#### 3.1 Wohngebäude Sanierungspotenzial

Die THG-Emissionen im bundesweiten Gebäudesektor sind seit 1990 von ca. 210 Mio. t bis 2018 bereits um rund **44 Prozent** gesunken. 2018 lagen sie nach ersten Schätzungen bei 117 Mio. t. Im Jahr 2030 dürfen im Gebäudesektor noch höchstens 72 Mio. t emittiert werden. Dies entspricht einem Rückgang um **66 bis 67 Prozent** gegenüber 1990<sup>6</sup>. Die Energieeinsparung im Gebäudebereich soll vor allem durch zwei Maßnahmenpakete erreicht werden: Einerseits soll die Sanierungsrate der energetischen Sanierung von Gebäuden mindestens verdoppelt werden, andererseits wird der Einsatz von Erneuerbaren Energien wie Hackschnitzeln, Holzpellets oder Umweltwärme deutlich verstärkt.

Entsprechend den Anforderungen an den Neubau steigen auch die energetischen Anforderungen bei der Gebäudesanierung. Durch weiteren technologischen Fortschritt sinken in Zukunft aber auch gleichzeitig die Baukosten für hocheffiziente Maßnahmen wie Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Passivhausfenster. Die Bundesregierung unterstützt zudem die energieeffiziente Gebäudesanierung durch die „Bundesförderung Energieeffiziente Gebäude“ (BEG) für Einzelmaßnahmen und Komplettsanierungen zum Effizienzhaus.

Im Rahmen des Energienutzungsplans werden folgende zwei Sanierungsszenarien bis 2045 berechnet:

- **Trend-Szenario:** Steigerung der Sanierungsrate auf 1,1 %  
Sanierungsniveau in Richtung Komplettsanierung
- **Klimaschutz-Szenario:** Steigerung der Sanierungsrate auf 2,0 %  
Sanierungsniveau in Richtung Effizienzhausstandard

Außerdem werden unterschiedliche Entwicklungsszenarien beim Heizwärmemix berücksichtigt.

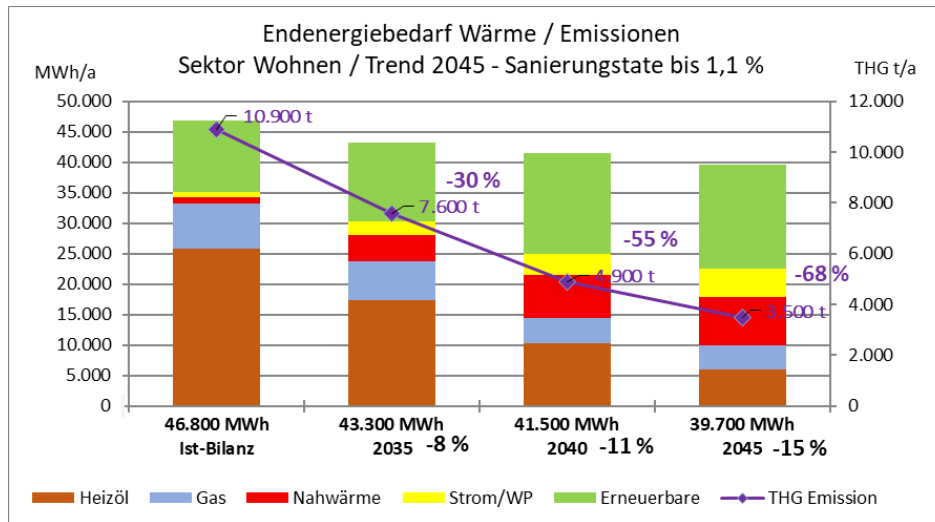
---

<sup>6</sup> Klimaschutzgesetz der Bundesregierung, 12.05.2021 und Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes

- **Wohngebäudesanierung Trend-Szenario**

Im Trend-Szenario ergibt sich folgendes Reduktionspotenzial:

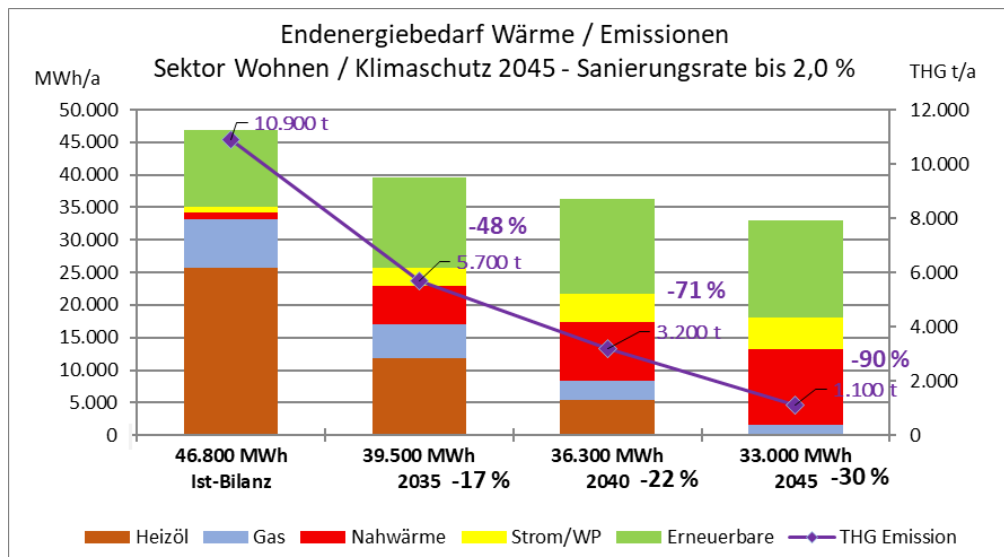
**Abbildung 17: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Trend 2045**



Der Endenergiebedarf für Heizung und TWW reduziert sich im Trend-Szenario bis 2045 um 15 %. Durch der Erneuerbaren Energien und Erneuerbarer Nahwärme reduzieren sich die Treibhausgasemissionen um knapp 70 %. Der Anteil fossiler Wärmeerzeugung beträgt noch 25 %.

- **Wohngebäudesanierung Klimaschutz-Szenario**

**Abbildung 18: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Klimaschutz 2045**

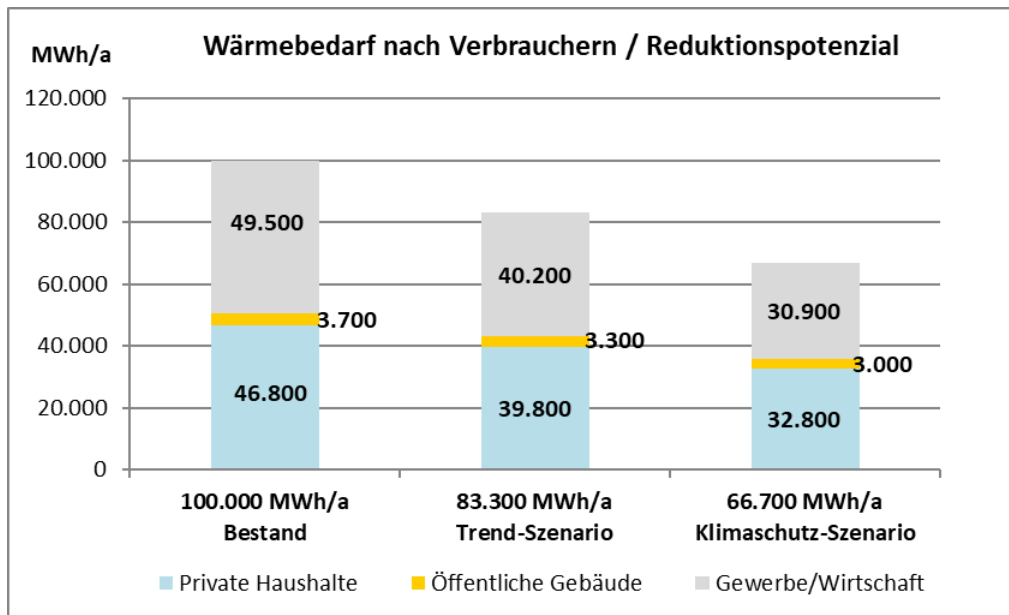


Mit den festgelegten Maßnahmen kann sich der Endenergiebedarf im Klimaschutz-Szenario um 30 % reduzieren. Die Emissionen sinken um 90 %, Heizöl ist nicht mehr vorhanden das Gas für industrielle Anwendungen muss auf erneuerbarer Basis erzeugt werden (Biomethan/Wasserstoff). Nur so kann Klimaneutralität erreicht werden.

### 3.2 Gesamtes Reduktionspotenzial Wärme

Überträgt man das Sanierungsszenario des Wohngebäudebestandes auf den Nichtwohngebäudebestand ergibt sich folgendes Reduktionspotenzial:

**Abbildung 19: Reduktionspotenzial gesamter Wärmebedarf**



Im Trend-Szenario reduziert sich der gesamte Wärmebedarf von 100.000 MWh um 17 % auf 83.300 MWh. Wird der gesamte Gebäudebestand nach den Vorgaben für das Klimaschutz-Szenario saniert, kann der Wärmebedarf um 33 % auf 66.700 MWh sinken.

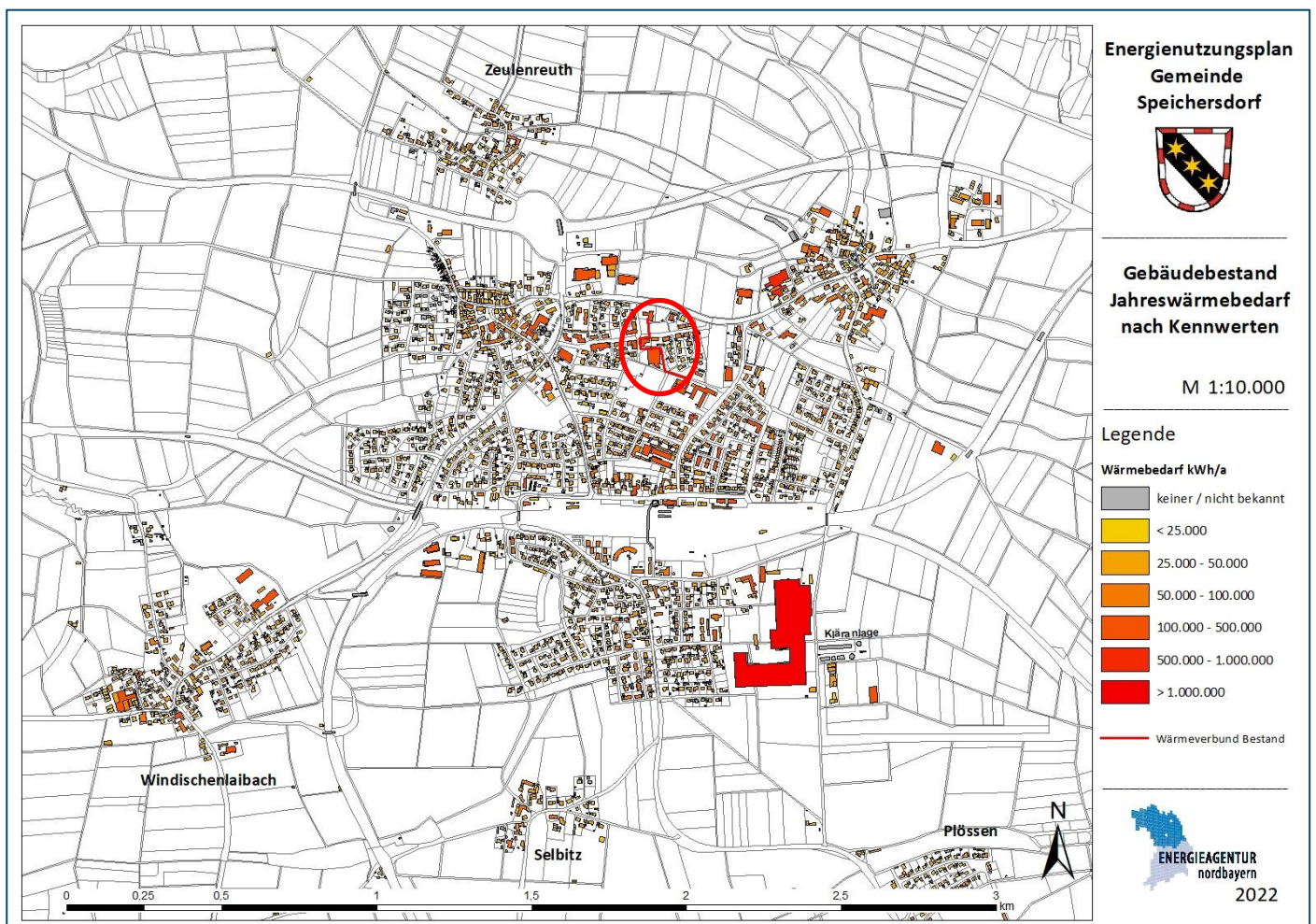
## 4 Gebäudescharfes Wärmekataster

Die Ergebnisse aus der Wärmebedarfsermittlung werden Gebäudescharf in das GIS-System übertragen. In einem zweiten Schritt wird durch das Wärmekataster die aktuelle siedlungsbezogene Wärmebedarfsdichte dargestellt. Für das Trend- und Klimaschutzszenario wird dann eine mögliche zukünftige Wärmebedarfsdichte simuliert, um Gebiete zum Aufbau von Wärmenetzen zu ermitteln.

### 4.1 Gebäudebestand Jahreswärmebedarf je Gebäude

Anhand der LoD2 Gebäudedaten wird aus der Gebäudehöhe und der Gebäudegrundfläche für jedes Gebäude eine überschlägige Nutz- bzw. Wohnfläche berechnet. Die Wohnfläche wird mit dem erhobenen statischen Wert abgeglichen. Durch die spezifischen Wärmebedarfskennwerte (kWh/m<sup>2</sup>) aus der Wohngebäudesimulation kann für jedes Gebäude ein gebäudescharfer Jahreswärmebedarf berechnet und dargestellt werden.

**Abbildung 20: Jahreswärmebedarf je Gebäude Hauptort**

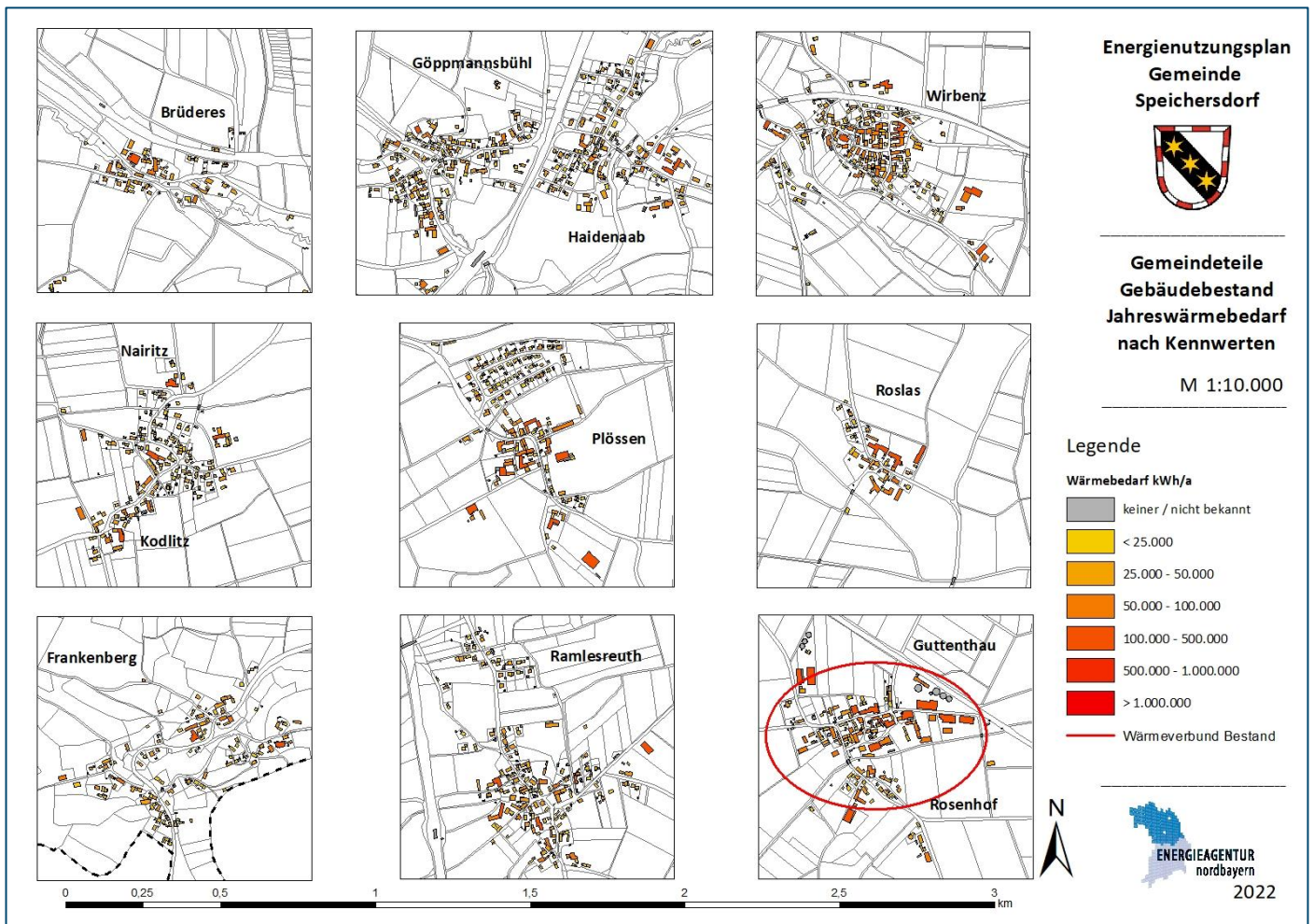


Plan maßstabsgerecht im Anhang

Hier ist auch der Wärmeverbund Grund- und Mittelschule, Sportarena und Rathaus in Rot gekennzeichnet dargestellt.



Abbildung 21: Jahreswärmebedarf je Gebäude Gemeindeteile



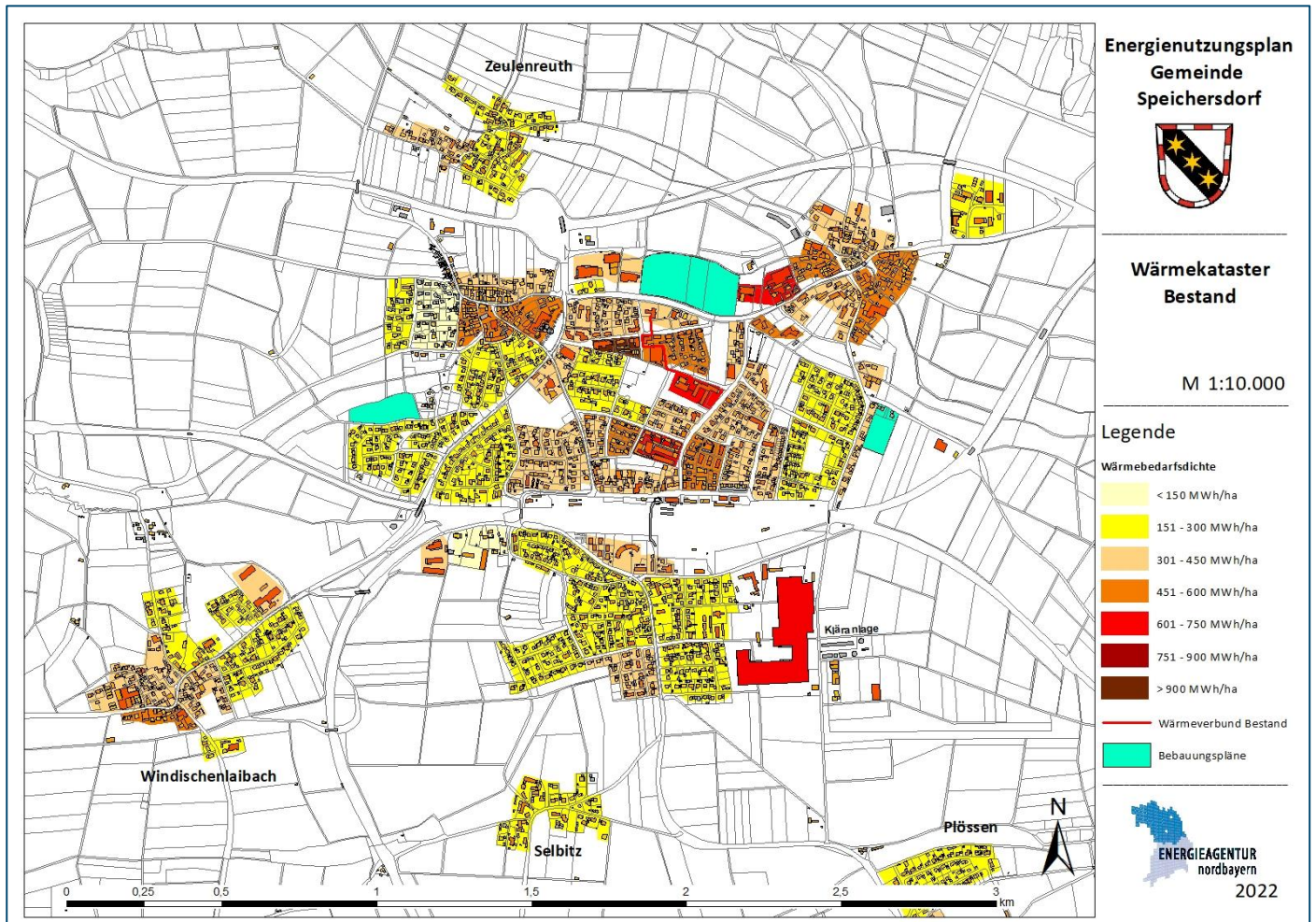
Plan maßstabsgerecht im Anhang

In Guttenthau wird ein bestehender Wärmeverbund mit ca. 35 Haushalten durch Biogas-Abwärme beheizt.

## 4.2 Gebäudebestand Wärmekataster

Ausgehend von der geografischen Situierung und Clusterung der Gebäudetypen werden möglichst einheitliche Sektoren gebildet. Das gebäudescharfe Wärmekataster zeigt je Sektor die flächenbezogene Wärmebedarfsdichte der Gebäude (MWh) in Bezug auf die Fläche in Hektar (ha). Siedlungsgebiete mit einer dichten Bebauung und größeren Gebäuden haben eine höhere Wärmebedarfsdichte als Gebiete mit Ein- und Zweifamilienhausbebauung. Sektoren mit einer höheren Wärmebedarfsdichte (über 150 MWh/ha) eignen sich für Nah- und Fernwärmelösungen, Sektoren mit einer geringen Wärmebedarfsdichte (bis 150 MWh/ha) sind eher für dezentrale Wärmeversorgungskonzepte geeignet.

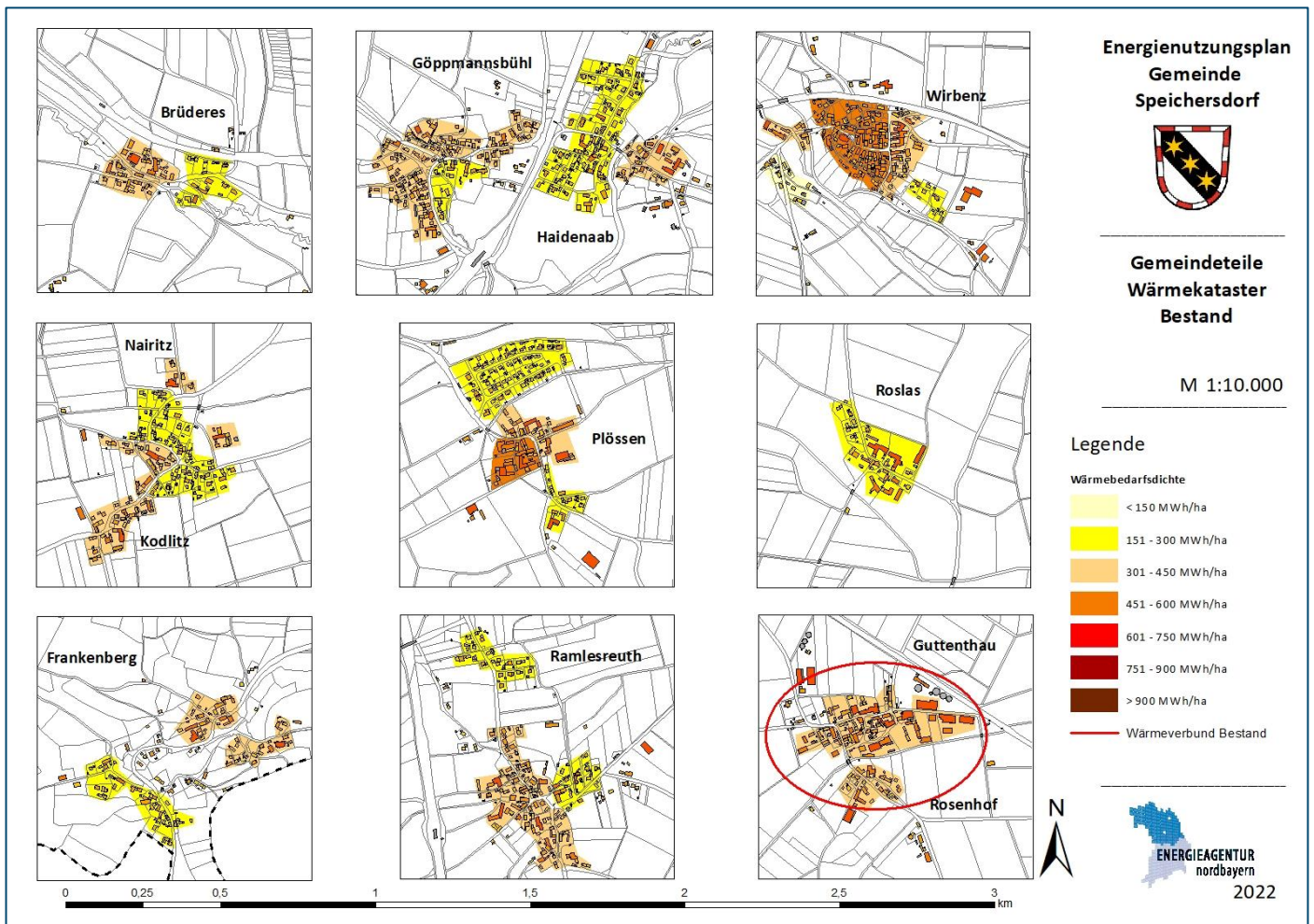
Abbildung 22: Gebäudebestand Wärmekataster Hauptort



Plan maßstabsgerecht im Anhang

In Speichersdorf sind für drei geplante Neubaugebiete Bebauungspläne ausgewiesen.

Abbildung 23: Gebäudebestand Wärmekataster Gemeindeteile

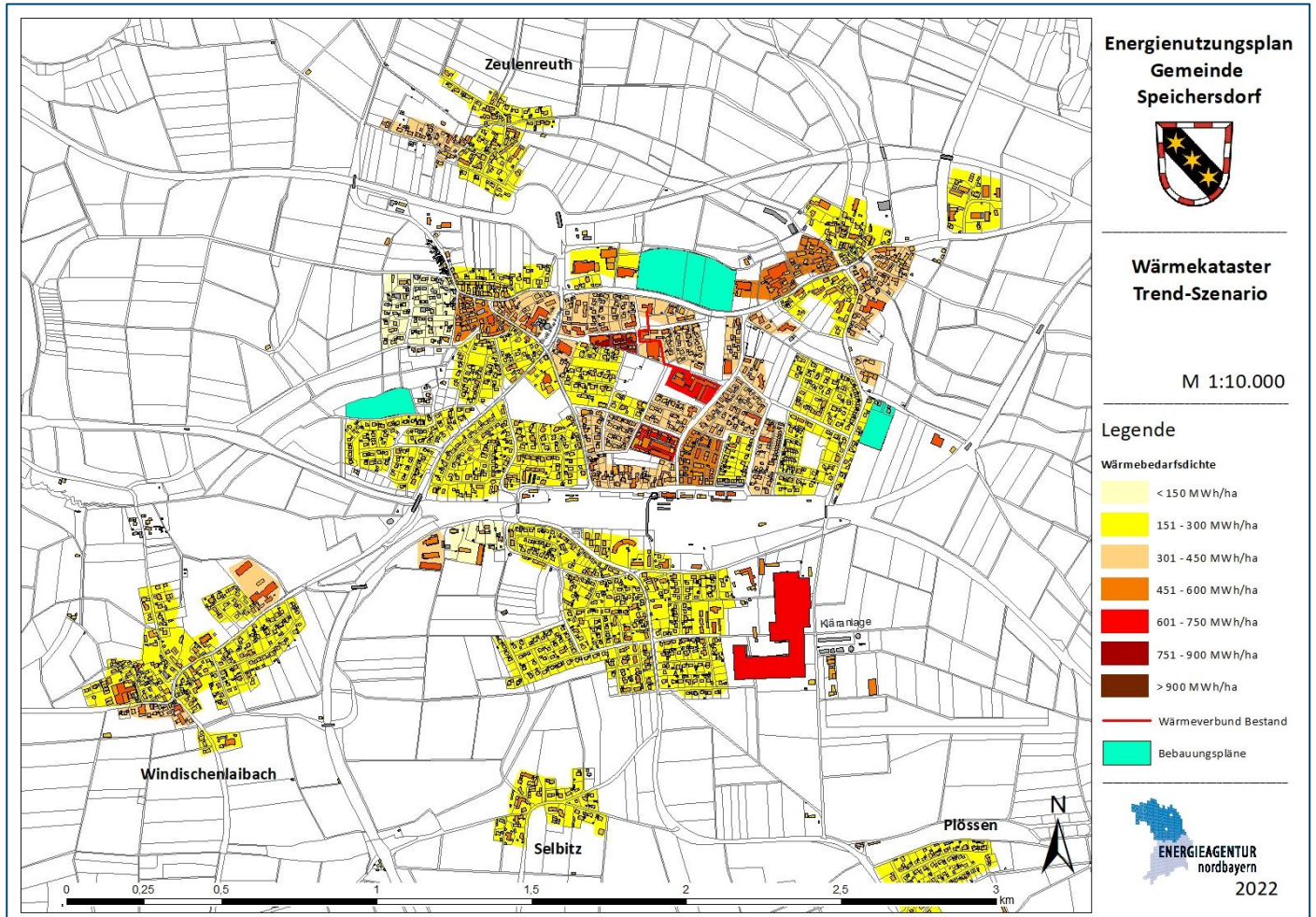


Plan maßstabsgerecht im Anhang

### 4.3 Trend-Szenario Wärmekataster

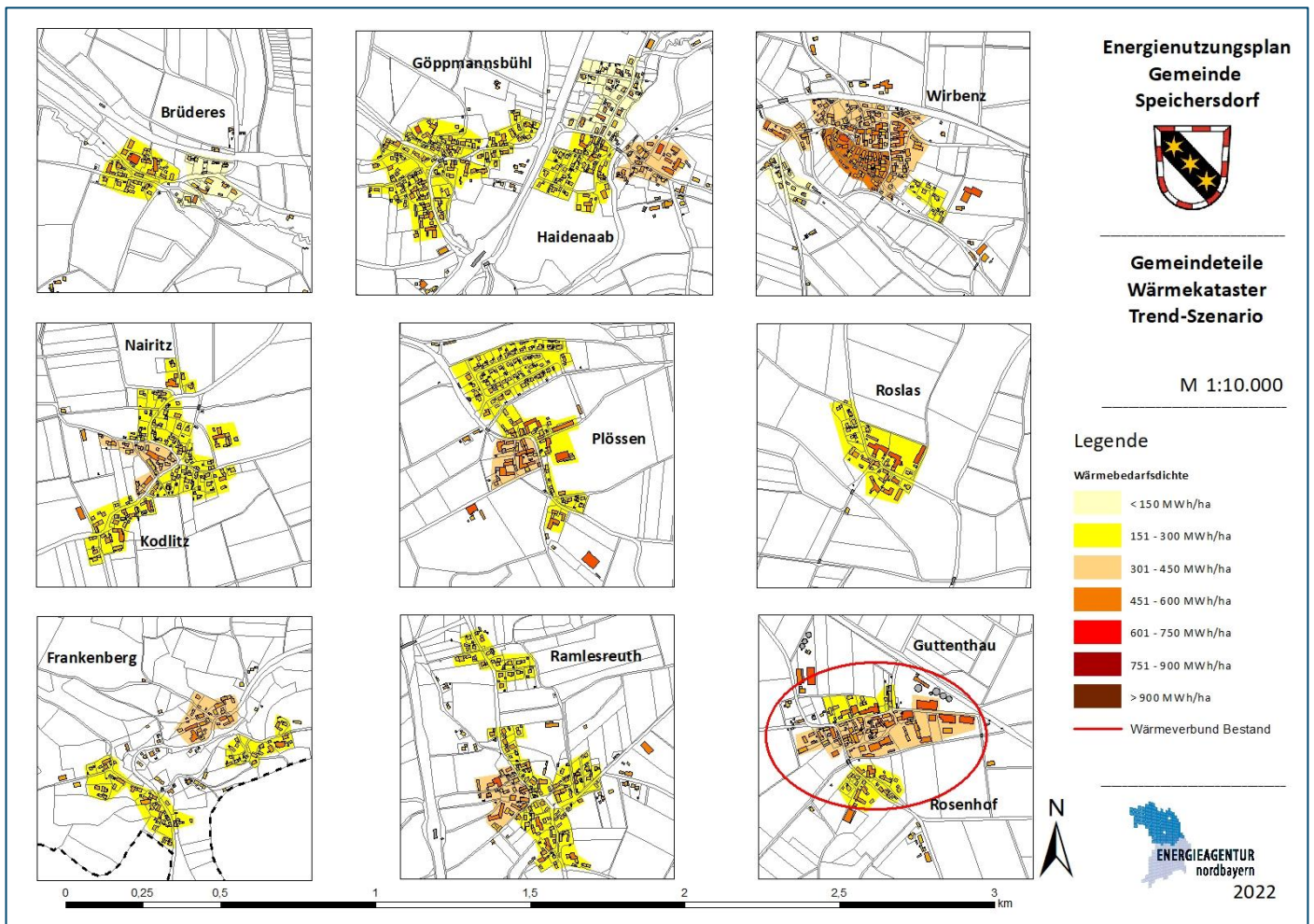
Die folgenden Abbildungen zeigen, dass auch unter Berücksichtigung einer energieeffizienten Gebäudesanierung in weiten Teilen noch eine ausreichend hohe Wärmedichte zur Umsetzung von Wärmenetzen vorhanden ist.

Abbildung 24: Trend-Szenario Wärmekataster Hauptort



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Abbildung 25: Trend-Szenario Wärmekataster Gemeindeteile



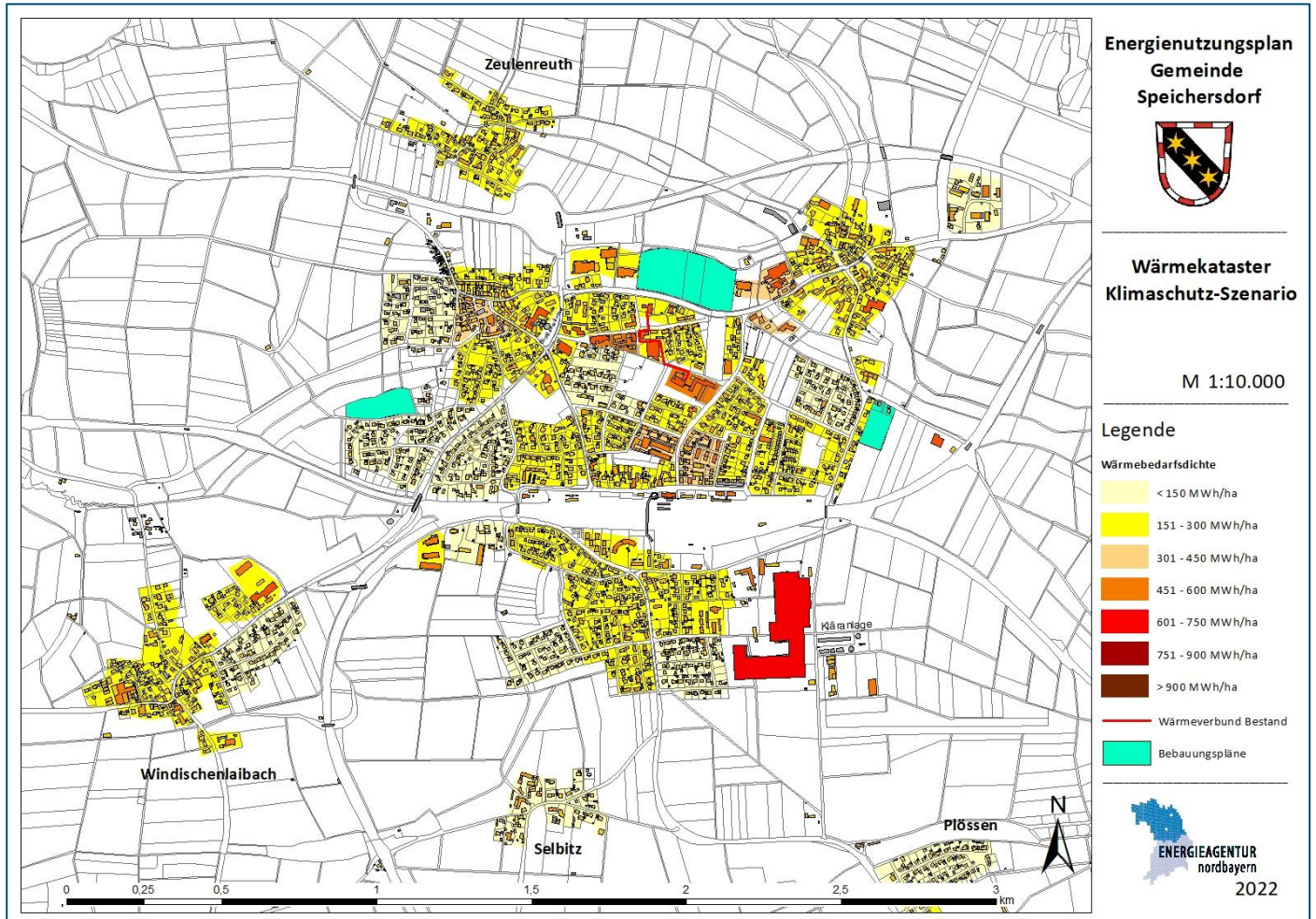
Plan maßstabsgerecht im Anhang

In einigen Gemeindeteilen liegt die Wärmebedarfsdichte im Trend-Szenario noch über 300 MWh/ha.

## 4.4 Klimaschutz-Szenario Wärmekataster

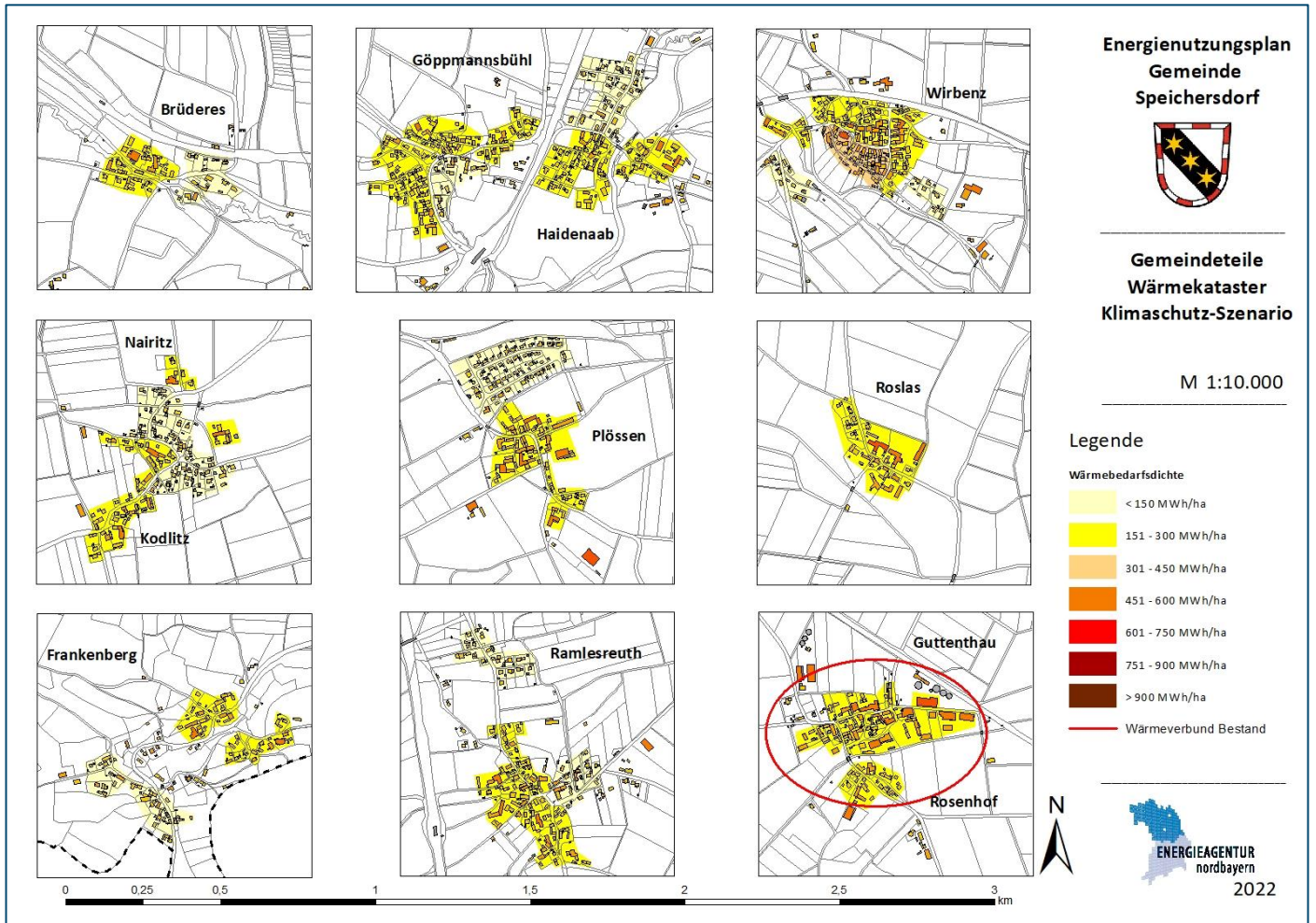
Die folgenden Abbildungen zeigen, dass im Klimaschutz-Szenario bei den weniger dicht besiedelten Sektoren, die Wärmebedarfsdichte unter 150 MWh/ha sinkt. Hier ist auch in Zukunft eine dezentrale Wärmeversorgung durch Einzelheizungen zu bevorzugen.

Abbildung 26: Klimaschutz-Szenario Wärmekataster Hauptort



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Abbildung 27: Klimaschutz-Szenario Wärmekataster Gemeindeteile



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Auch im Klimaschutz-Szenario wäre beispielsweise in Guttenthau mit über 150 MWh/ha, noch eine ausreichende hohe Wärmebedarfsdichte für einen Weiterbetrieb des Wärmeverbundes gegeben.

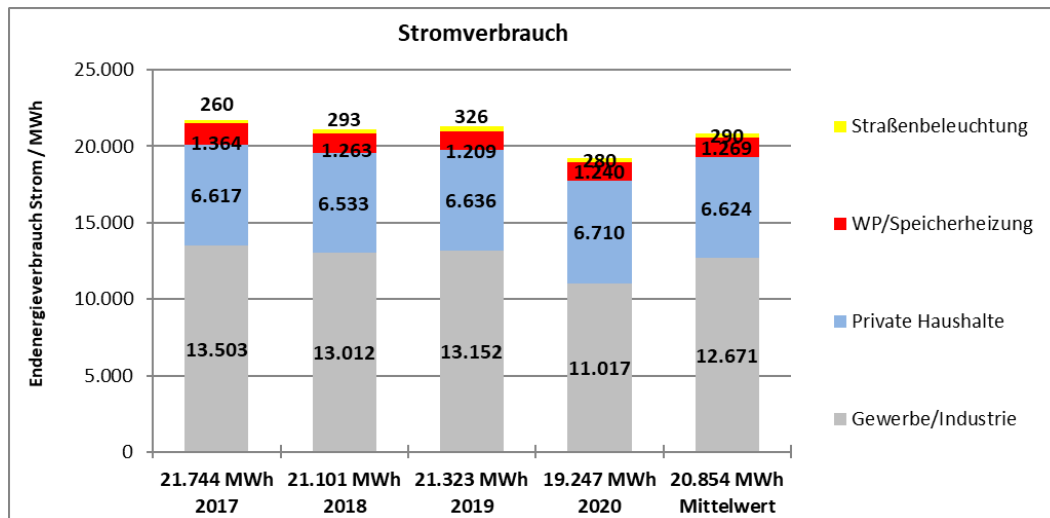
## 5 Energiebilanz Strom

Durch die Bayernwerk Netz GmbH wurden die Verbrauchsdaten der Jahre 2017 bis 2020 zur Verfügung gestellt.

### 5.1 Gesamter Stromverbrauch

Im Mittel werden jährlich ca. 21.000 MWh Strom im gesamten Gemeindegebiet verbraucht. In 2020 war der Verbrauch um rund 10 % geringer als in den Vorjahren.

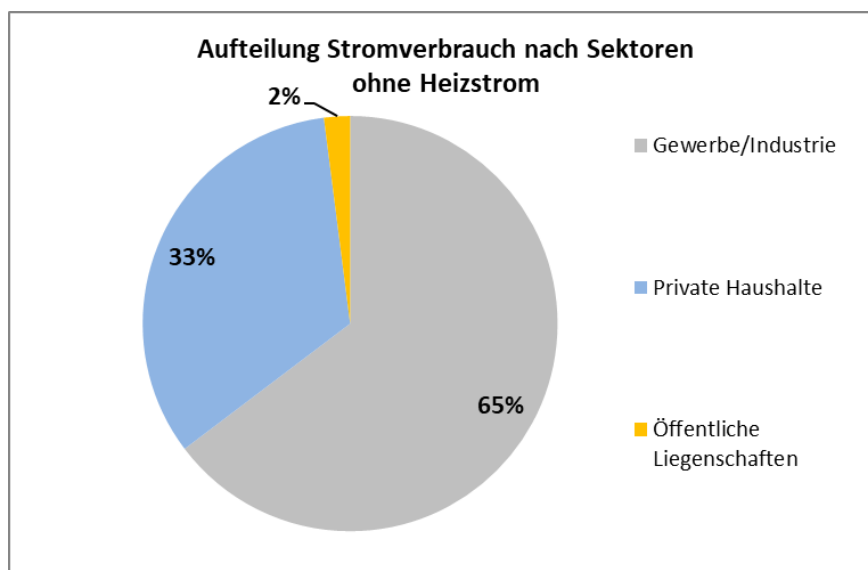
**Abbildung 28: Stromverbrauch Speichersdorf**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

Mit 65 % hat der Sektor Gewerbe/Industrie hierbei den größten Verbrauchsanteil, gefolgt von den privaten Haushalten mit rund 1/3 am Gesamtverbrauch.

**Abbildung 29: Stromverbrauch nach Sektoren**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

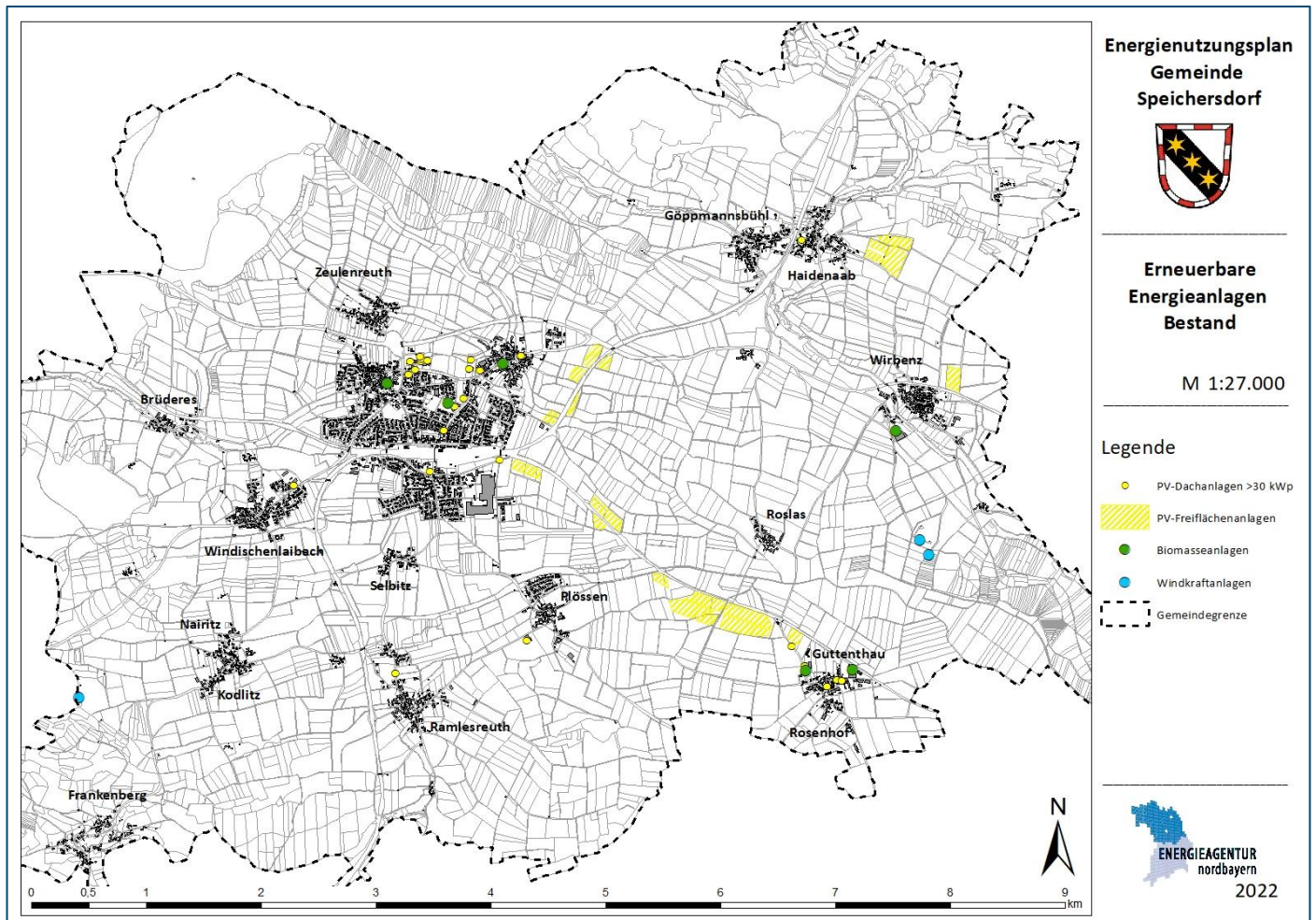


## 5.2 Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung

Im Gemeindegebiet Speichersdorf sind PV-Dach- und Freiflächenanlagen, Windkraft und Biomasseanlagen (Biogas) zur regenerativen Stromerzeugung im Einsatz. Die Anlagendaten und jährliche Stromeinspeisung wurden durch die Bayernwerk Netz GmbH für die Jahre 2018 bis 2021 zur Verfügung gestellt.

Folgende Abbildung zeigt die Standorte der regenerativen Stromerzeugungsanlagen. Bei den PV-Dachanlagen sind Anlagen mit einer installierten Leistung ab 30 kWp abgebildet.

**Abbildung 30: Erneuerbare Stromerzeugungsanlagen Bestand**

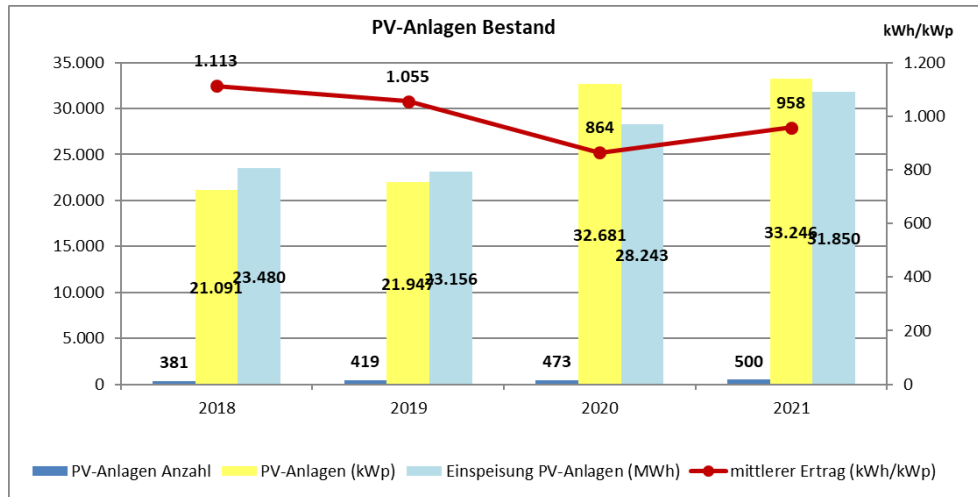


Eigene Darstellung aus Datengrundlage Energieatlas-Bayern (Plan maßstabsgerecht im Anhang)

## 5.2.1 Photovoltaikanlagen

Im Jahr 2021 waren in Speichersdorf insgesamt 500 PV-Anlagen mit 33.246 kWp verbaut und haben knapp 32.000 MWh Strom eingespeist. Der mittlere Ertrag der PV-Anlagen variiert über die Jahre sehr stark und ist jeweils abhängig von der Inbetriebnahme größerer Anlagen und der Eigenstromnutzung.

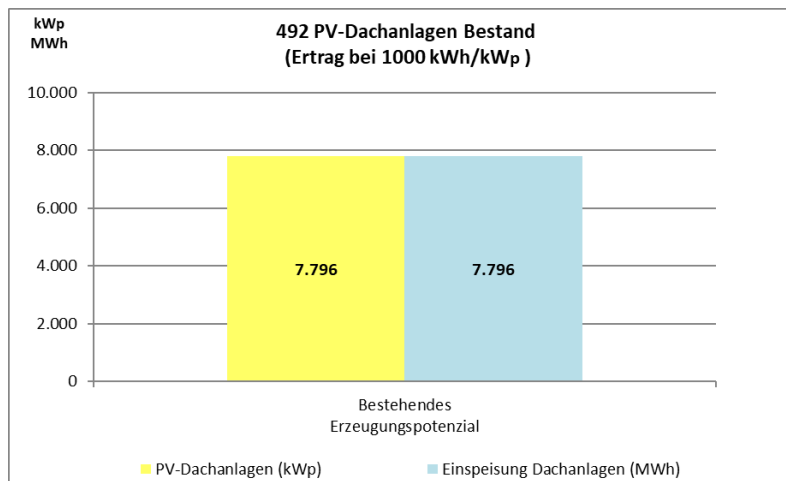
**Abbildung 31: Photovoltaikanlagen gesamt**



Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

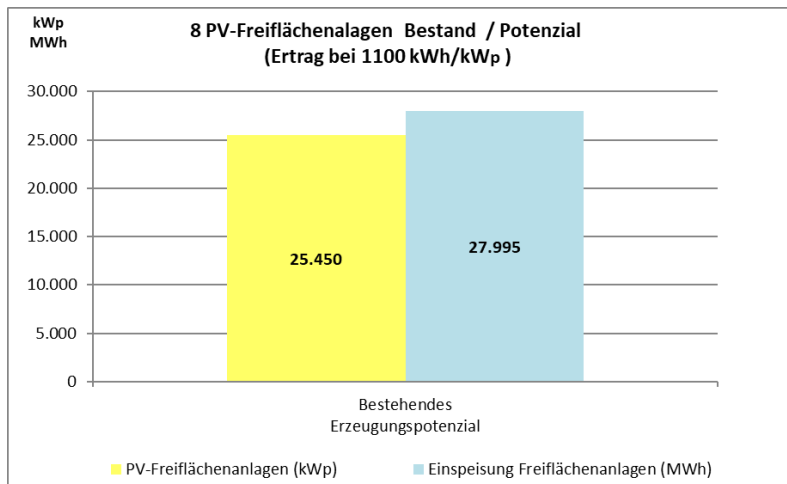
Von den insgesamt 500 PV-Anlagen sind 492 auf Gebäudedächern installiert. Bei einem durchschnittlich möglichen Ertrag von 1.000 kWh/kWp können die Dachanlagen jährlich ca. 7.800 MWh Strom erzeugen.

**Abbildung 32: PV-Dachanlagen**



Quelle: Eigene Darstellung

Im Jahr 2021 sind Freiflächenanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 25.450 kWp im Gemeindegebiet Speichersdorf vorhanden. Bei einem durchschnittlich möglichen Ertrag von 1.100 kWh/kWp können diese rund 28.000 MWh/a Strom erzeugen.

**Abbildung 33: PV-Freiflächenanlagen**

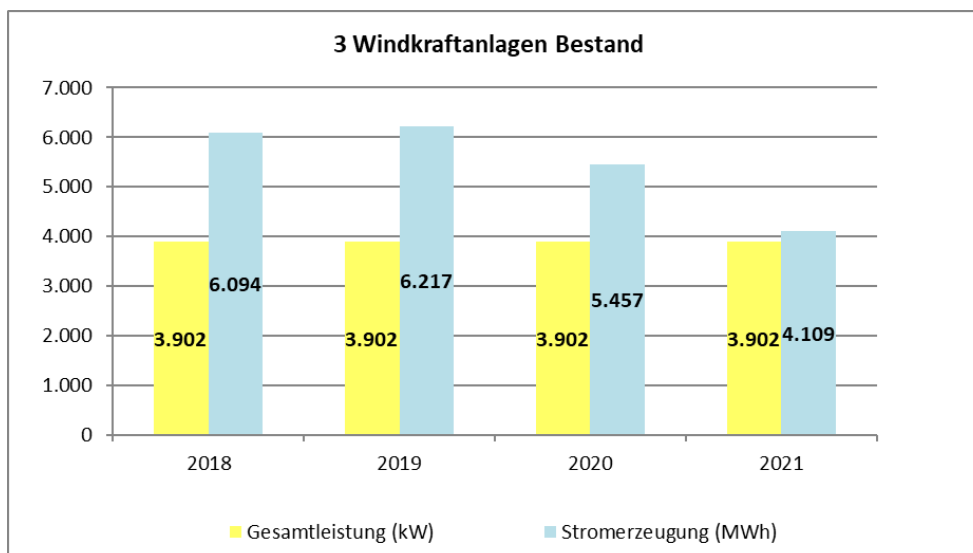
Quelle: Eigene Darstellung

Somit haben die Freiflächenanlagen einen Anteil von knapp 80 % am gesamten Stromerzeugungspotenzial durch PV-Anlagen.

Im Punkt Potenzialanalyse Energieerzeugung PV-freifläche wird ein möglicher Ausbaupfad dargestellt.

## 5.2.2 Windkraftanlagen

Derzeit wird im Gemeindegebiet Speichersdorf durch drei Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 3.900 kW Strom erzeugt.

**Abbildung 34: Windkraftanlagen**

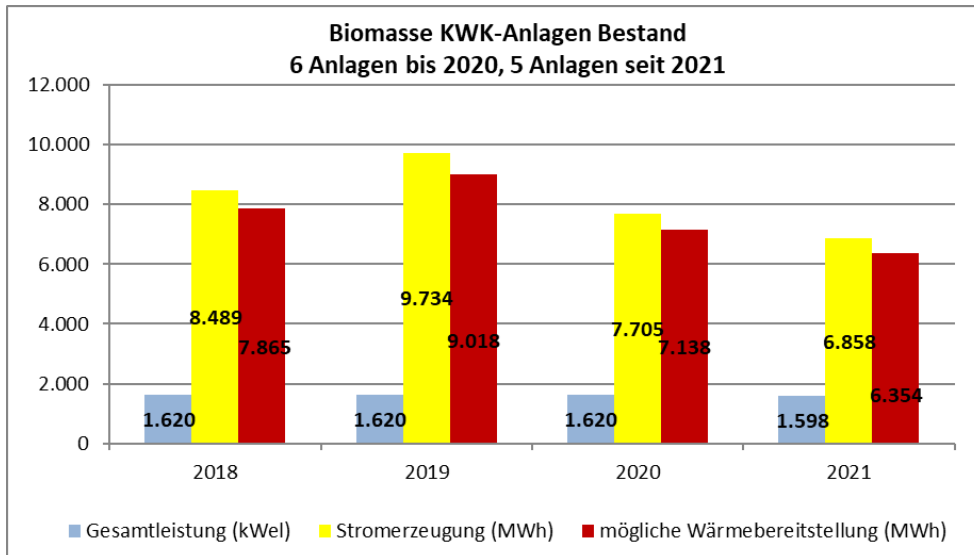
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

Die Erzeugungsmenge ist von der Windhöffigkeit abhängig und war in den letzten 4 Jahren sehr unterschiedlich. Wurden in 2019 mit 1.600 Vollaststunden 6.217 MWh Strom erzeugt, waren es 2021 bei 1.050 Vollaststunden nur 4.109 MWh. Im Vierjahresmittel ergibt sich ein Stromerzeugungspotenzial von knapp 5.500 MWh bei durchschnittlich 1.400 Vollaststunden.

### 5.2.3 Biomasse (Biogas) KWK-Anlagen

Bis 2020 waren in Speichersdorf 6 Biomasse KWK Anlagen in Betrieb. In 2021 ist eine kleiner Anlage (22 kW) außer Betrieb genommen worden.

**Abbildung 35: Biomasse KWK-Anlagen**



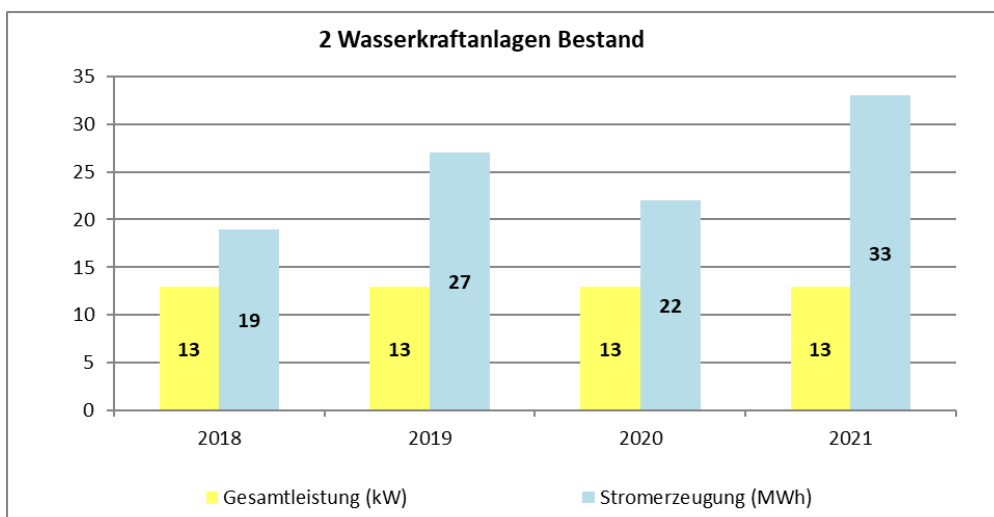
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

Die Stromerzeugung ist direkt abhängig von den Vollbenutzungsstunden der KWK-Anlagen. In 2019 liefen die Anlagen rechnerisch 6.000 Vollbenutzungsstunden, in 2021 waren es lediglich 4.300 mit dementsprechend geringerer Energieerzeugung. Wie in der obigen Abbildung dargestellt, wird beim KWK-Prozess (Kraft-Wärme-Kopplung) parallel zur Stromerzeugung gleichzeitig Wärme erzeugt. Diese „mögliche“ Wärmebereitstellung wird allerdings nicht immer vollständig genutzt.

### 5.2.4 Wasserkraft

Im Gemeindegebiet sind zwei kleinere Wasserkraftanlagen vorhanden, die jährlich rund 30 MWh Strom erzeugen.

**Abbildung 36: Biomasse KWK-Anlagen**

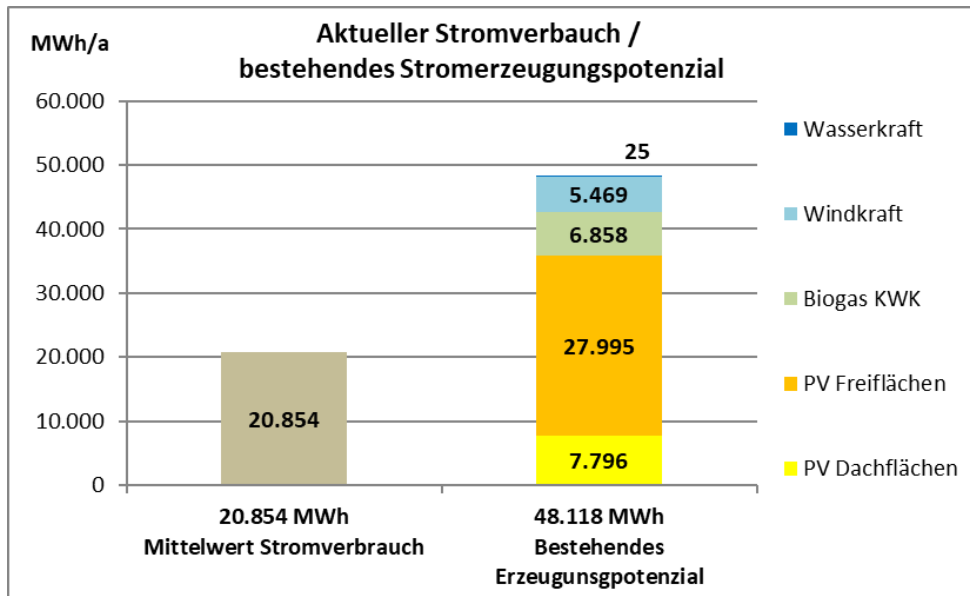


Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Bayernwerk

## 5.2.5 Gegenüberstellung Stromverbrauch – bestehendes Stromerzeugungspotenzial

Das bestehende Stromerzeugungspotenzial aus erneuerbaren Energien beträgt in Speichersdorf rund 48.000 MWh/a. Das entspricht dem 2,3-Fachen des mittleren Stromverbrauchs.

**Abbildung 37: Stromverbrauch und Stromerzeugungspotenzial in Speichersdorf**



Knapp 60 % der regenerativen Stromerzeugung erfolgt durch PV-Freiflächen. Die restlichen 40 % entfallen auf PV-Dachflächen, Biogas KWK und Windkraft. Die Stromerzeugung aus Wasserkraft spielt ein untergeordnete Rolle.

## 6 Maßnahmen/Schwerpunktprojekte

Auf Grundlage der Datenerhebung und der bereits vorherrschenden Ideen in Speichersdorf wurden folgende Schwerpunktprojekte einer detaillierten Betrachtung unterzogen:

- Ausbaupotenzial Freiflächen-PV
- Begehung und Sanierungskonzept Schulareal Grundschule- und Mittelschule
- Wärmeversorgungskonzept Neubaugebiet im Ortsteil Kirchenlaibach
- Wasserstoffelektrolyse in Speichersdorf

Auf Wunsch der Gemeinde wurde die Betrachtung Wärmeverbund Bestandsgebiet nicht weiter verfolgt. Hierfür wurde vorab ein Gespräch mit der Firma Rosenthal zur möglichen Nutzung von Abwärme geführt.

## 6.1 Ausbaupotenzial Freiflächen-PV

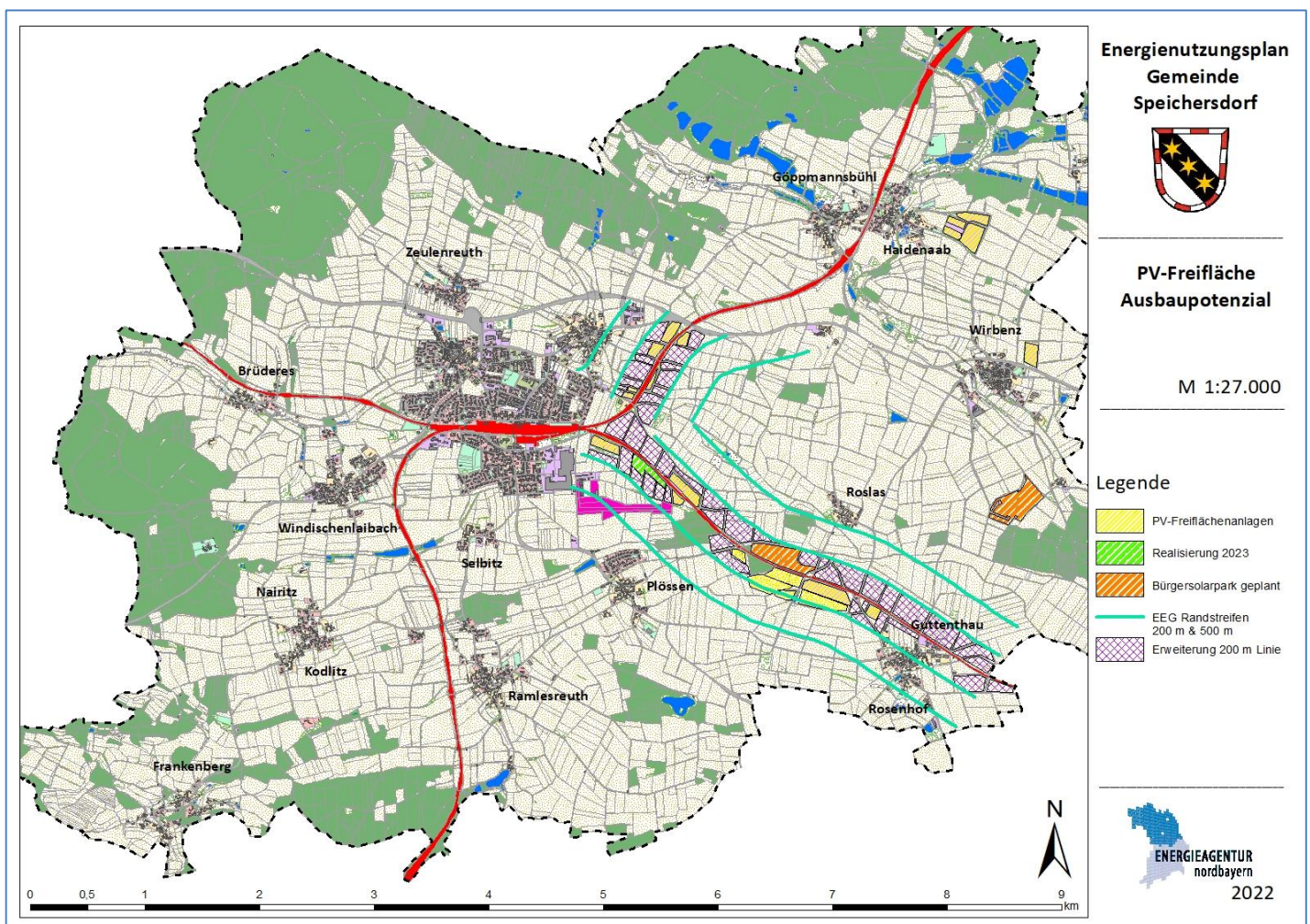
Im Jahr 2022 waren im Gemeindegebiet Speichersdorf 25,45 MWp Freiflächen-PV auf einer Fläche von ca. 37,4 ha verbaut. Dies entspricht einem Flächenanteil von 0,7 % am gesamten Gemeindegebiet.

Im Jahr 2023 ist eine weitere Anlage mit 3 MWp zur Realisierung geplant. Außerdem sollen Bürgersolarparks mit insgesamt 18,9 MWp errichtet werden. Dies entspricht dann in Summe einer Fläche von 57,7 ha bzw. einem Anteil von 1,1 % am Gemeindegebiet.

Laut Gemeinderatsbeschluss sollen weitere Flächen für die Errichtung von Freiflächen-PV in einem Korridor von rund 200 m entlang der Bahnlinie Kirchenlaibach-Weiden und des Streckenabschnitts Kirchenlaibach-Marktredwitz bis zur Bundesstraße 22 liegen. Außerdem soll sich der weitere Ausbau als Abrundung/Ergänzung bestehender Anlagen konzentrieren. Jede neu errichtete Anlage zur Erzeugung Erneuerbarer Energie muss zwingend ein Bürgerbeteiligungsmodell anbieten. Eine Beteiligung der Gemeinde oder der Bioenergie Speichersdorf ist von Fall zu Fall zu prüfen.

Folgende Abbildung zeigt den Realisierungskorridor innerhalb der 200 m Linie entlang der oben beschriebenen Streckenabschnitte.

**Abbildung 38: Ausbaupotenzial PV-Freifläche**



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Für das beschriebene Ausbaupotenzial im Gemeindegebiet Speichersdorf ergibt sich folgendes Gesamtergebnis:

**Tabelle 1: Ausbaupotenzial PV-Freifläche**

	<b>Gemeindegebiet</b>		<b>5.291 ha</b>		
	<b>Anlagen</b>	<b>MWp</b>	<b>Fläche ha</b>	<b>ha/MWp</b>	<b>Anteil am Gemeindegebiet</b>
Bestand 2022	8	25,5	37,4	1,5	0,7%
Realisierung 2023	1	3,0	2,4	0,8	0,0%
Bürgersolarpark	3	18,9	17,9	0,9	0,3%
<b>geplanter Bestand 2023</b>		<b>47,4</b>	<b>57,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1%</b>
<b>theoretisches Ausbaupotenzial 200 m Linie</b>		<b>111</b>	<b>100</b>	<b>0,9</b>	<b>1,9%</b>

Bei einem Ausbaupotenzial von 111 MWp innerhalb der 200 m Linie steigt der gesamte Flächenbedarf der Freiflächen-PV auf rund 160 ha. Dies entspricht dann einem Anteil von 3 % am Gemeindegebiet Speichersdorf.



## 6.2 Bestandsbewertung und Sanierungskonzept Schulareal Grund- und Mittelschule

Am 11. Oktober 2022 wurde eine Vor-Ort-Begehung der Grund- und Mittelschule durchgeführt, um Effizienzpotenziale der Gebäudehülle und der Anlagentechnik aufzuzeigen.

Das Schulareal in Speichersdorf umfasst insgesamt ca. 8.100 m<sup>2</sup> Nettogrundfläche (nach 3D Simulation) und wurde in folgenden Bauabschnitten errichtet:

- a) Bj. 1955 Mittelschule mit Pausenhalle
- b) Bj. 1965/68 Erweiterung Mittelschule  
(im EG aktuell genutzt durch Diakonie)
- c) Bj. 1965 Festhalle
- d) Bj. 1974/75 Grundschule mit Haupteingang
- e) Bj. 1974/75 Halle West (Sporthalle)
- f) Bj. 1975 Verbindungsgang
- g) Bj. 1963 Anbau Wohnhaus
- h) Bj. 1996 Anbau Treppenhaus, Klassenräume

Abbildung 39: Luftbild Grund- und Mittelschule

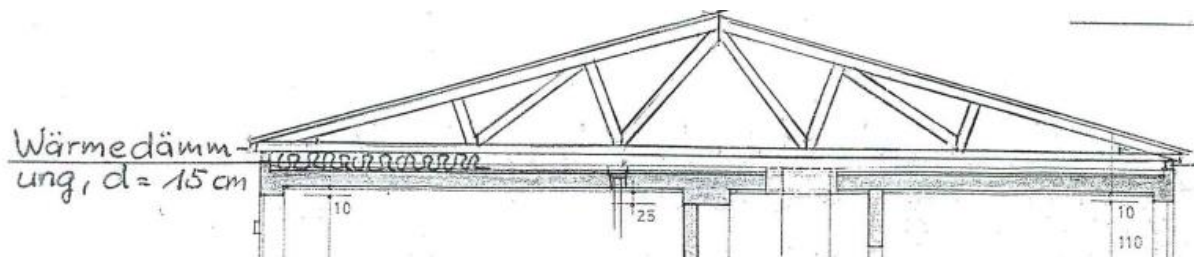


Quelle: Bayernatlas

Weitere, durchgeführte Maßnahmen:

- ca. 2002: Teilweise Fenstertausch Mittelschule durch Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
- ca. 2005: Sanierung Dächer Grundschule mit Holzbindern (15° Neigung) und 15 cm Mineralwolle-Dämmung

**Abbildung 40: Planung Holzbinder**



- Quelle: Gemeinde Speichersdorf

Die PV-Anlage auf der Grundschule ist eine Volleinspeiseanlage und kann nach Ablauf der EEG-Vergütung auf Strom-Eigenverbrauch umgestellt werden.

Seit 2017 wird das Schulareal durch einen Hackschnitzelkessel mit 120 bis 400 kW Nennwärmeleistung beheizt. Zwei Pufferspeicher mit je 6.000 l kompensieren die Wärmeleistung und -lasten. Zwei Gaskessel (Baujahr 1994) mit 335 kW und 275 kW dienen dem Notbetrieb.

## 6.2.1 Begehung und Bewertung Bestandsgebäude

Die Grund- und Mittelschule Speichersdorf wird im Kommunalen Energiemanagement (KEM) durch die Energieagentur Nordbayern betreut. Hierbei werden u.a. die Energieverbräuche regelmäßig erfasst.

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der letzten vier Jahre liegt im Durchschnitt bei rund 720.000 kWh/a.

**Abbildung 41: Schulzentrum Wärmeverbrauch witterungsbereinigt**



Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von 88 kWh/m<sup>2</sup>. Dieser liegt um rund 80 % über dem aktuellen Vergleichswert für Schulen in Energieausweisen<sup>7</sup> mit 49 kWh/m<sup>2</sup> (Heizung ohne Warmwasser).

Im Jahr 2021 betrug der abgerechnete Wärmeverbrauch 688 MWh.

Der jährliche Grund- und Messpreis beträgt 46.813 € (brutto). Der Arbeitspreis beträgt 37,54 €/MWh (brutto) bzw. 25.831 €. Somit wurden im Jahr 2021 Wärmekosten in Höhe von 72.644 € fällig.

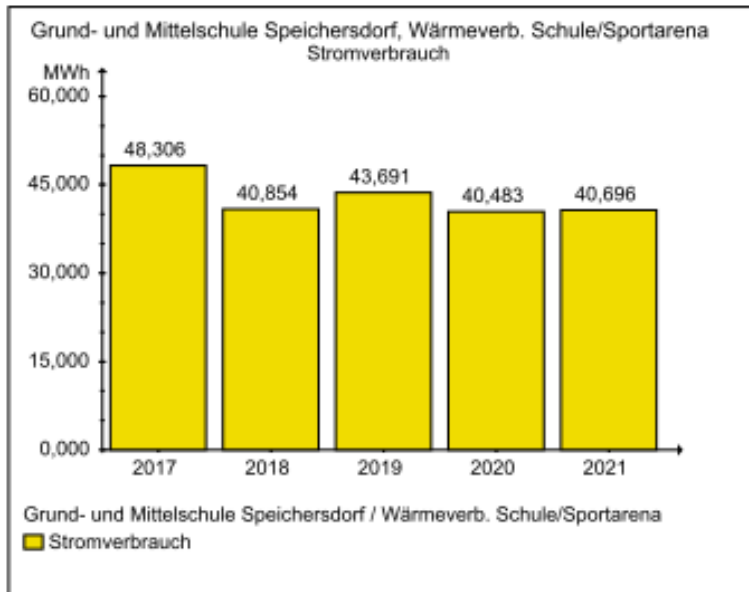
Dies entspricht umgerechnet 106 €/MWh (10,6 ct/kWh).

<sup>7</sup> Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, April 2021

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

Der durchschnittlich Stromverbrauch der letzten vier Jahre beträgt ca. 43.000 kWh/a.

**Abbildung 42: Schulzentrum Wärmeverbrauch witterungsbereinigt**



Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch von 5 kWh/m<sup>2</sup>. Dieser liegt knapp unter dem aktuellen Vergleichswert für Schulen in Energieausweisen mit 6 kWh/m<sup>2</sup> (Beleuchtung und Sonstiges).

Nach KEM-Bericht betragen die Stromkosten im Jahr 2021 10.680 € (brutto). Dies entspricht einem umgerechneten Arbeitspreis von 26,3 ct/kWh.

### 6.2.1.1 Gebäudehülle

Abbildung 43: Haupteingang Grundschule Ansicht Nord



Haupteingang mit Anlieferung für die Hackschnitzelzentrale.

Abbildung 44: Ansicht Nord Halle West



Die großen Glasbausteinflächen an der Sporthalle West verursachen hohe Wärmeverluste.

**Abbildung 45: Ansicht Süd Grundschule**

Die Fenster der Grundschule sind Alu-Fenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung. Scheiben dieser Bau-  
altersklasse sind mit Luft im Scheibenzwischenraum gefüllt und habe dadurch keine gute Wärme-  
dämmfunktion. Auch sind die Aluminiumrahmen noch nicht thermisch getrennt. Erst seit Mitte der  
90er Jahre wird ausschließlich 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung verbaut. Hier ist der Scheibenzwi-  
schenraum mit Edelgas gefüllt und mindestens eine Scheibenseite mit einer Wärmefunktions-Be-  
schichtung versehen.

**Abbildung 46: Ansicht Süd Grundschule**

Das Mauerwerk der Grundschule ist großteils mit 5cm Dämmung und Fassadenplatten verkleidet.  
Teilweise sind einzelne Platten beschädigt.

**Abbildung 47: Ansicht Süd Verbindungsgang zur Mittelschule**

Das Mauerwerk der Mittelschule hat eine Dicke von ca. 36 cm. Ziegel dieser Baualterklasse besitzen keine ausreichenden Dämmeigenschaften.

**Abbildung 48: Ansicht Süd Verbindungsgang zur Mittelschule**

Teilweise sind auch die Wände der Mittelschule mit Fassadenplatten verkleidet, allerdings ist hier keine Dämmung eingebracht.

**Abbildung 49: Ansicht Süd-Ost Grundschule**

Der östliche Baukörper der Grundschule wird im EG durch die Diakonie genutzt. Das Mauerwerk ist in diesem Bereich nicht verkleidet.

**Abbildung 50: Detailansicht Kunststofffenster**

Im Jahr 2002 wurde ein Großteil der Fenster im Grundschulbereich durch Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt.



**Abbildung 51: Ansicht Nord Festhalle**

An der Nordfassade der Festhalle sind wie an der Halle West noch großflächig Glasbausteine verbaut.

**Abbildung 52: Innenansicht Festhalle**

In der Festhalle wurden Deckenstrahl-Heizkörper installiert.

**Abbildung 53: Innenansicht Pausenhalle**

In der Pausenhalle ist noch Einscheiben-Verglasung vorhanden. Dies führt zu hohen Wärmeverlusten und zu einem kalten Innenbereich.

**Abbildung 54: Innenansicht Grundschule**

Die Heizkörper in der Grund- und Mittelschule sind im Außenwandbereich meist in Heizkörpernischen angebracht. Der geringere Wandaufbau führt hier zu erhöhten Wärmeverlusten.

**Abbildung 55: Heizkörper Mittelschule**

Gussheizkörper haben im Vergleich zu modernen Plattenheizkörpern einen deutlich geringeren Strahlungsanteil. Durch die tiefen Fensterbretter über den Heizkörpern wird die Konvektion der Heizwärme eingeschränkt. Dies führt zu einer ungünstigen Wärmeverteilung in den Räumen.

Tabelle 3: Bewertung Gebäudehülle Grund- und Mittelschule

GEG -Referenzgebäude Anlage 2 (zu GEG § 18 Absatz 1)		Bestandsbauteile Schule Speichersdorf			Vorgaben BEG Einzelmaßnahmen	Höchstwerte für Erneuerung von Bauteilen Anlage 7 (zu GEG § 48)
Bauteil	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	Aufbau	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	Verhältnis zu Referenz	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Satteldach Grundschule ca. 15 cm Dämmung (ca. 2005)	0,30	150%	0,14	0,24
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Flachdach Grundschule Baualtersklasse 69-78	0,60	300%	0,14	0,24
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Satteldach Mittelschule Baualtersklasse 58-68	0,60	300%	0,14	0,24
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Flachdach Mittelschule Baualtersklasse 58-68	1,20	600%	0,14	0,24
Außenwand	0,28	Außenwand Grundschule MW mit geringer Dämmung	1,00	357%	0,20	0,24
Außenwand	0,28	Außenwand Mittelschule MW Baualtersklasse 58-68	1,40	500%	0,20	0,24
Fenster	1,30	Fenster Grundschule Alufenster Wärmeschutzverglasung Glasbausteine Halle West	3,20	246%	0,95	1,30
Fenster	1,30	Verbindungsgang Einfachverglasung	5,00	385%	0,95	1,30
Fenster	1,30	Fenster Mittelschule Kunststofffenster Wärmeschutzvergl. (ca. 2002)	1,70	131%	0,95	1,30
Fenster	1,30	Fenster Mittelschule Festhalle Glasbausteine	3,20	246%	0,95	1,30
Außentüren	1,80	Außentüren	4,00	222%	1,30	1,80
Bodenplatte	0,35	Massivdecke Baualtersklasse 58-78	1,20	343%	0,35	0,30
U-Wert opake Außenbauteile	0,28	U-Wert opake Außenbauteile	0,80	286%		
U-Wert, transparente Außenbauteile	1,50	U-Wert, transparente Außenbauteile	2,70	180%		
Wärmebrückenfaktor	0,05	Wärmebrückenfaktor	0,10	200%		

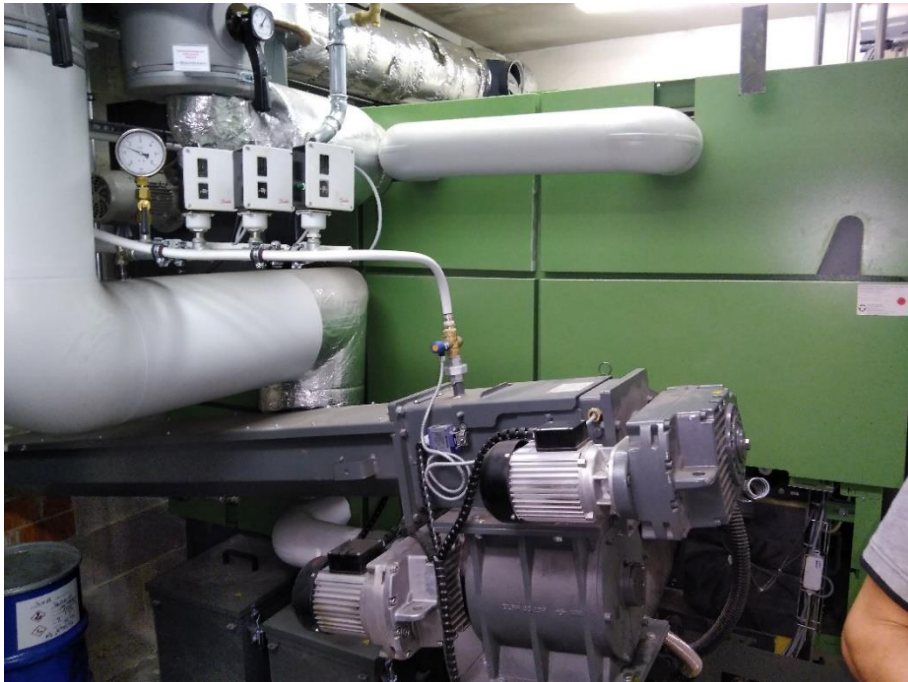
Die U-Werte<sup>8</sup> für den Bestand sind ca. Werte und entsprechen typischen Bauteilen der jeweiligen Baualtersklasse. Dem gegenübergestellt sind die U-Werte nach GebäudeEnergieGesetz (GEG) für das Referenzgebäude (Neubaustandard) und die U-Werte, die bei Ersatz und Erneuerung von Bauteilen mindestens gefordert werden.

Das nachgedämmt Satteldach der Grundschule und die Kunststofffenster von 2002 entsprechen annähernd den Anforderungen der Anlage 7 nach GEG. Trotzdem sind bei allen Bauteilen durch Effizienzmaßnahmen deutliche Einsparpotenziale vorhanden.

<sup>8</sup> Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) gibt den Wärmestrom durch ein Bauteil von warmer zu kalter Seite an. Er beschreibt, welche Wärmemenge in einer Sekunde durch ein Quadratmeter großes Bauteil bei einem Temperaturunterschied von einem Grad (1 K) innen nach außen transportiert wird. Umso kleiner der Wert, desto Energieeffizienter ist das Bauteil.

### 6.2.1.2 Heizungstechnik/Warmwassererzeugung

Abbildung 56: Wärmeerzeuger



Im Schulgebäude ist eine Hackschnitzelheizung installiert. Diese versorgt die Schule, Diakonie, Sportarena und das Rathaus mit Wärme: HDG M400 Hackschnitzelheizung, Baujahr 2017, Leistung 120 kW bis 400 kW.

Abbildung 57: Alter Heizraum



Die beiden Gaskessel in der Schule können für den Notbetrieb genutzt werden, sind aber grundsätzlich nicht mehr relevant: Buderus G505, Baujahr 1994, 335 kW und 275 kW Leistung.

**Abbildung 58: Verteilerraum Wärmemengenzähler**

Die Schule wird mit „Fernwärme“ der Hackschnitzelheizung versorgt. Es ist keine Übergabestation bzw. Wärmetauscher installiert. Die Abrechnung erfolgt über die Werte des Wärmemengenzählers.

**Abbildung 59: Heizungsregelung**

Die Heizungsregelung ist völlig veraltet und wohl teilweise auch nicht mehr funktionstüchtig.

**Abbildung 60: Haupt- Heizkreisverteilung**

In den letzten Jahren wurden zwar immer mal wieder neue Pumpen installiert, aber ansonsten ist die Verteilung nicht mehr zeitgemäß. Immer wieder gibt es Probleme mit den alten Dreiwegemischern und ein Hydraulischer Abgleich ist nicht möglich.

**Abbildung 61: Unterverteilung**

Ein Teil der Schule ist an die Diakonie vermietet. Hier gibt es noch eine Unterverteilung. Bei dieser wurde das „nötigste“ erneuert.

**Abbildung 62: Heizkörper 1**

Die Wärmeübergabe im Schulgebäude erfolgt hauptsächlich über Heizkörper mit konventionellen Thermostatventilen.

**Abbildung 63: Deckenheizung**

In den beiden Turnhallen wird die Wärme über Deckenstrahlplatten abgegeben.



**Abbildung 64: Warmwasser-Durchlauferhitzer**

Die Warmwasserbereitung wurde auf Strom-Durchlauferhitzer umgestellt. Somit werden Speicher- und Verteilungsverluste vermieden, außerdem ist eine mögliche Legionellenproblematik ausgeschlossen.

#### **Handlungsempfehlung Heizungstechnik Schulgebäude:**

- Es sollten neue Dreiwegeventile, Strangregulierungsventile und bedarfsgerechte Pumpen installiert werden. Hierzu ist es notwendig die Heizungsverteiler komplett zu erneuern.
- Die veraltete Heizungsregelung sollte gegen eine moderne Gebäudeleittechnik ersetzt werden. Damit wäre es auch möglich eine Einzelraumregelung für jedes Klassenzimmer und die Turnhalle zu installieren.
- Die alten Rippenheizkörper sollten ausgetauscht und an geeigneter Stelle Heizkörper installiert werden.

Durch den Einbau eines neuen Heizungsverteilers erhöht sich die Betriebssicherheit und die Heizungskosten können erheblich gesenkt werden. So sind z.B. Strangregulierungsventile in solchen Gebäuden unerlässlich, um einen Hydraulischen Abgleich durchführen zu können. Hierbei wird die Hydraulische Anlage so abgeglichen / eingestellt, dass jeder Heizungsstrang und jeder Heizkörper genau die richtige Menge an Heizungswasser (Energie) erhalten. Das hat einerseits den Vorteil, dass weniger Energie erzeugt werden muss, andererseits stellt dies auch sicher, dass auch wirklich jeder Raum genügt Wärme erhält. Die Kosten für den Austausch der Heizungsverteiler schätzen wir auf etwa 110.000 Euro.

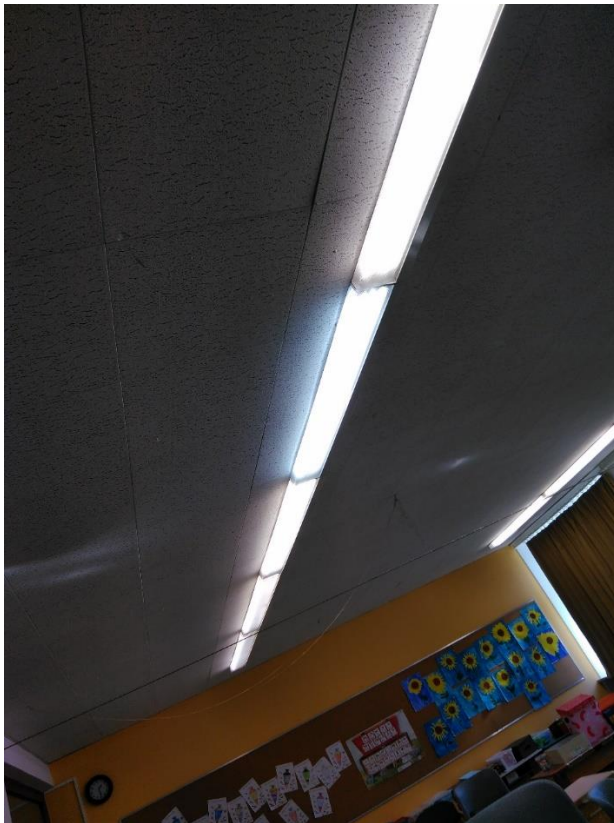
Durch den Einbau einer modernen Gebäudeleittechnik in Verbindung mit Einzelraumregelung lässt sich auf komfortablen Weg Heizwärme einsparen. Es können Ferienzeiten, Feiertage und

Stundenpläne hinterlegt werden. Nicht nur die Vorlauftemperaturen werden dadurch verändert, sondern auch die Drehzahlen der einzelnen Pumpen. Das ganze Heizungssystem kann dann von einem PC oder einem Smartphone gesteuert werden. Hierzu schätzen wir die Kosten auf rund 90.000 Euro.

Der Austausch der alten Rippenheizkörper gegen moderne Heizkörper lässt ein Absenken der Vorlauftemperatur zu, erhöht die Betriebssicherheit und senkt die Verletzungsgefahr der Schüler.

### 6.2.1.3 Beleuchtung

**Abbildung 65: Klassenzimmer mit Leuchtstoffröhren**



Im Schulgebäude sind 426 Lampen installiert. In erster Linie sind Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) und einer Leistung (inklusive Vorschaltgerät) von 70 Watt verbaut. Teilweise ist ein lautes „Summen“ der Vorschaltgeräte zu hören, was wohl auch den Unterricht stört.

#### **Handlungsempfehlung Beleuchtung:**

- Eine T8 Röhre mit 1,5 m Länge hat eine Leistung von ca. 58 W, das Vorschaltgerät hat eine zusätzliche Leistungsaufnahme von 13 W. Bei einer vergleichbaren LED Beleuchtung reduziert sich der Verbrauch um 50% - 60%. Auch haben LED Leuchten eine deutlich höhere Lebensdauer von bis zu 50.000 Stunden.
- Umstellen der gesamten Beleuchtung auf LED-Technik.
- Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen wie WC, Sanitär, usw.

Für das gesamte Schulzentrum wird eine komplette Umstellung der rund 400 Lampen auf LED empfohlen. Mit tageslichtabhängiger Regelung und Anwesenheitsdetektion für die Turnhalle sowie Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen. Hierdurch ist eine Stromeinsparung von rund 12.000 kWh jährlich möglich. Die jährlichen Stromverbrauchskosten der Schule liegen zur Zeit bei rund 10.000 Euro/a. Erfahrungsgemäß entfallen ca. 60 % des Stromverbrauchs und damit rund 6.000 Euro/a auf die Beleuchtung.

## 6.2.2 Sanierungskonzept Grund- und Mittelschule

Die Sanierungsmöglichkeiten für die Gebäudehülle und die Heizungstechnik werden als förderfähige Einzelmaßnahmen und als Komplettsanierung zum Effizienzgebäude dargestellt. Die Anforderungen entsprechen der Bundesförderung Energieeffiziente Gebäude (BEG):

- **Sanierung Einzelmaßnahmen nach Anforderungen BEG**
- **Effizienzgebäude 70 nach Anforderungen BEG**

Die Energieeffizienzberechnungen werden nach DIN V 18599 mit der Software Hottgenroth Energieberater 18599 Plus erstellt.

### 6.2.2.1 Fördermöglichkeiten

Die Bundesförderung Energieeffiziente Gebäude (Nichtwohngebäude) fördert energieeffiziente Einzelmaßnahmen und die Komplettsanierung zum Effizienzgebäude mit unterschiedlichen Förderhöhen. Die Förderung für Einzelmaßnahmen kann als reiner Zuschuss in Anspruch genommen werden. Derzeit gelten folgende Zuschusshöhen:

#### Einzelmaßnahmen:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| – Gebäudehülle:                | 15 %   |
| – Sommerlicher Wärmeschutz:    | 15 %   |
| – Effiziente Innenbeleuchtung: | 15 %   |
| – Regelungstechnik:            | 15 %   |
| – Lüftungsanlagen mit WRG:     | 15 % (Wir im Sanierungskonzept nicht berücksichtigt) |

Die Förderhöchstgrenze beträgt 1.000 € je m<sup>2</sup> beheizte Nettogrundfläche (NGF).

Die Förderung zum Effizienzgebäude kann als reiner Zuschuss oder als zinsgünstiges Darlehen mit Tilgungszuschuss in Anspruch genommen werden. Folgende Zuschusshöhen sind derzeit möglich:

	reiner Zuschuss:	Kredit mit Tilgungszuschuss:
– <b>Effizienzgebäude 70:</b>	<b>25 %</b>	<b>10 %</b>
– Effizienzgebäude 55:	30 %	15 %
– Effizienzgebäude 40:	35 %	20 %

Bei Erreichen eines Effizienzgebäudes mit **EE-Klasse** (Beheizung mit mindestens 55 % Erneuerbaren Energien) erhöht sich der Fördersatz um jeweils **5 %**. Dies ist bei der Grund- und Mittelschule bereits gegeben. Die Förderhöchstgrenze beträgt 2.000 € je m<sup>2</sup> beheizte Nettogrundfläche (NGF).

Die KfW fordert einen Sachverständigen, der die förderfähigen Maßnahmen und die Umsetzung des geförderten Vorhabens bestätigt. Die jeweils aktuellen Richtlinien und Merkblätter sind zu beachten.

### 6.2.2.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

#### Einzelmaßnahmen:

- Gebäudehülle: 15 %
- Sommerlicher Wärmeschutz: 15 %
- Effiziente Innenbeleuchtung: 15 %
- Regelungstechnik: 15 %
- Lüftungsanlagen mit WRG: 15 % (Wir im Sanierungskonzept nicht berücksichtigt)

Die Förderhöchstgrenze beträgt 1.000 € je m<sup>2</sup> beheizte Nettogrundfläche (NGF).

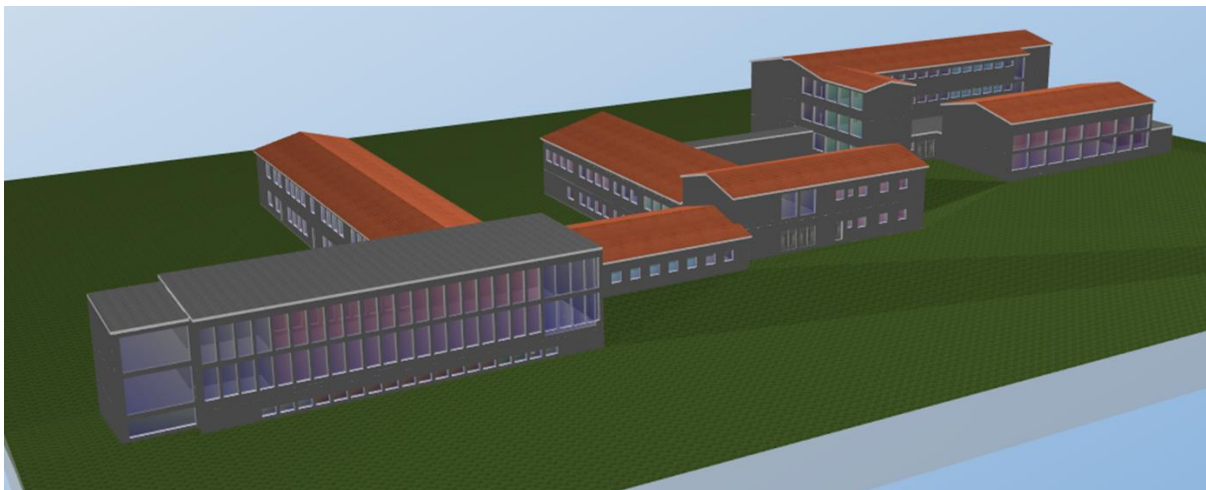
Die Förderung zum Effizienzgebäude kann als reiner Zuschuss oder als zinsgünstiges Darlehen mit Tilgungszuschuss in Anspruch genommen werden. Folgende Zuschusshöhen sind derzeit möglich:

### 6.2.2.3 Abriss Festhalle, Halle West und ehem. Wohnhaus

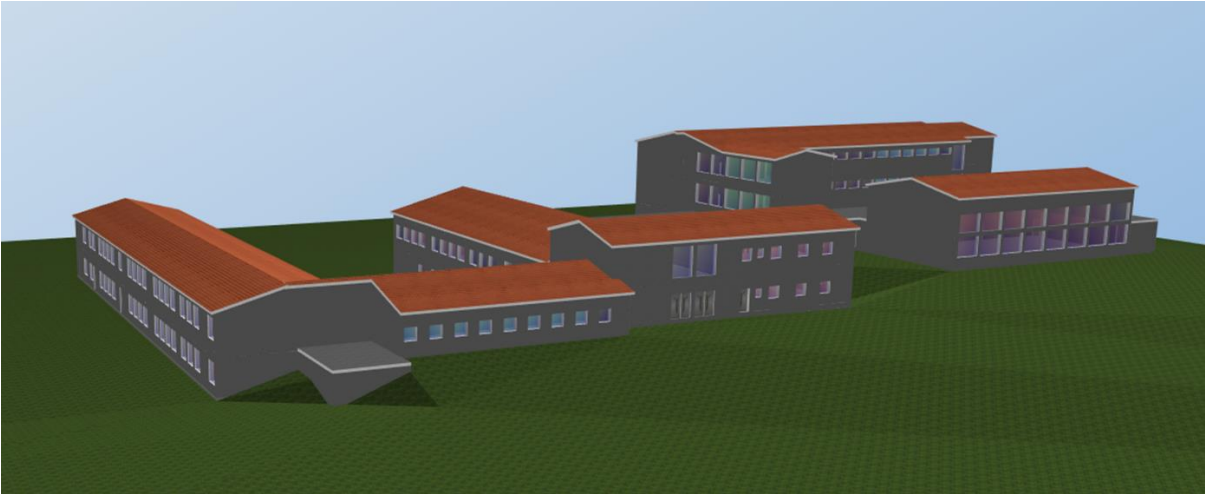
Im Rahmen der geplanten Sanierungsmaßnahmen ist der Abriss der Festhalle (Bj. 1965), des ehemaligen Wohnhauses (Bj. 1963) und der Halle West (Bj. 1974/75) geplant. Hierdurch kann rund 35 % am Wärmebedarf (250.000 kWh/a) und 30 % am Strombedarf (12.900 kWh/a) eingespart werden. Die Nettogrundfläche reduziert sich um 31 % auf ca. 5.550 m<sup>2</sup>

In der 3D-Simulation aus der Energieberatungssoftware Hottgenroth stellt sich der Abriss in Abschnitten wie folgt dar:

**Abbildung 66: 3D-Simulation Ist-Zustand**



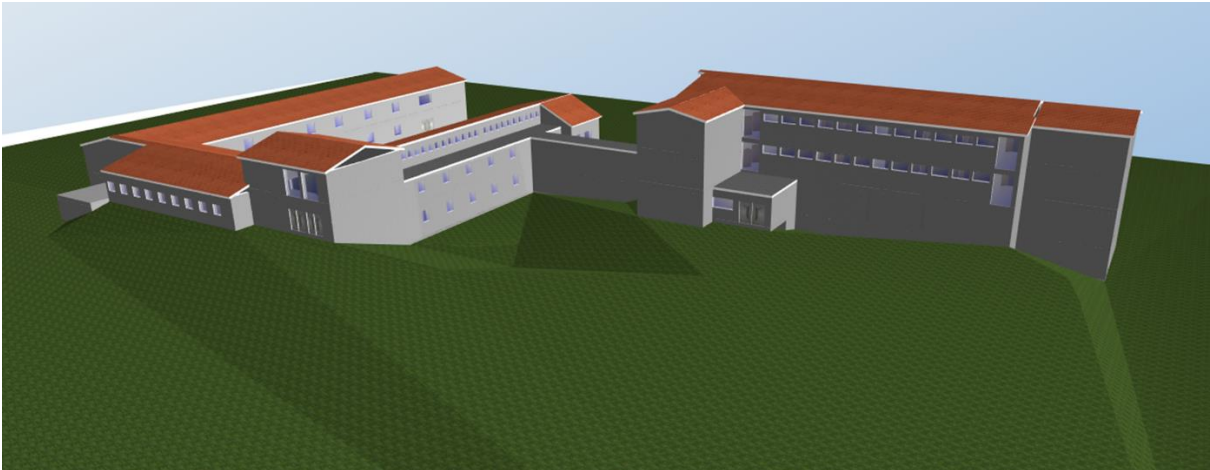
**Abbildung 67: 3D-Simulation Abriss Festhalle**



**Abbildung 68: 3D-Simulation Abriss Wohnhaus**



**Abbildung 69: 3D-Simulation Abriss Halle West**



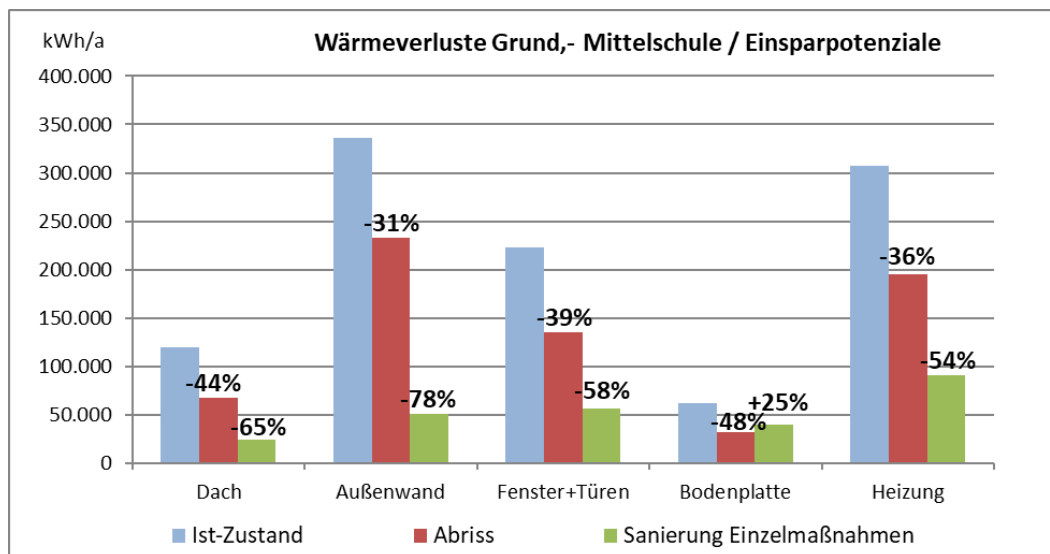
### 6.2.2.4 Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle und Beleuchtung

Ziel dieser Sanierungsvariante ist es, den 15-prozentigen Zuschuss für energieeffiziente zu erhalten. Hierfür werden folgende Sanierungsmaßnahmen angesetzt:

- Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule: 14 cm (WLG<sup>9</sup> 035)
- Dämmung Flachdächer: 16 cm PUR Hartschaum (WLG 024)
- Dämmung unter Satteldach Mittelschule: 26 cm (WLG 035)
- Dämmung alle Außenwände: 16 cm (WLG 035)
- Kompletter Fenstertausch gegen 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung
- Umstellung Beleuchtung auf LED sowie Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen (siehe Handlungsempfehlung Beleuchtung)

Folgende Abbildung zeigt die Einsparpotenziale für die Gebäudehülle durch den Abriss und im zweiten Schritt durch die Sanierungsmaßnahmen:

**Abbildung 70: Einsparpotenzial Einzelmaßnahmen Gebäudehülle**



Die größten Wärmeverluste im Bestand entstehen durch die ungedämmten Außenwände. Hier ist durch den Abriss ein Einsparpotenzial vom 31 % möglich, durch die Außenwanddämmung können sich die Wärmeverluste dann um 78 % reduzieren. Durch den Abriss der Hallen mit den Glasbausteinen reduzieren sich die Wärmeverluste bei den Fenstern um knapp 40 %, durch den Austausch der Fenster gegen neue Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung sind dann 58 % Einsparung möglich. Aufgrund der bereits mit 15 cm gedämmten Satteldächer der Grundschule die Wärmeverluste über die Dächer „relativ“ gering. Durch den Abriss sind hier 44 % Einsparung möglich, durch die Beschriebenen Dämmmaßnahmen können die Verluste um 65 % zurückgehen. Durch den Abriss verringern sich die Wärmeverluste über die Bodenflächen um knapp 50 %, bei einer energetischen Verbesserung von Außenbauteilen steigen die Wärmeverluste von unsanierten Bauteilen (hier Bodenplatte) leicht an. Bei

<sup>9</sup> Die Wärmeleitgruppe (WLG) gibt die Durchlassfähigkeit eines Materials für den Wärmestrom an. Je kleiner die WLG, desto besser die Wärmedämmung. Die derzeit marktüblichsten Dämmmaterialien weisen eine Wärmeleitgruppe von 035.



Reduktion der Wärmeverluste über die Außenbauteile verringern sich auch die Verluste der Heizung, da nicht mehr so viel Wärme erzeugt und verteilt werden muss.

Durch den Abriss kann sich der Strombedarf von 43.000 kWh/a um ca. 30 % auf 30.100 kWh/a reduzieren. Durch die beschriebenen Maßnahmen zur Beleuchtungsoptimierung ist eine Einsparung von 40 % (12.000 kWh) auf dann 18.100 kWh/a möglich.

Folgende Tabelle zeigt die Anforderungen für Maßnahmen der Gebäudehülle:

**Tabelle 2: Maßnahmen Gebäudehülle Einzelmaßnahmen und energetische Bewertung**

Bauteil	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	Aufbau	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	Verhältnis zu Referenz	Maßnahme	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	Verhältnis zu Referenz	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Satteldach Grundschule ca. 15 cm Dämmung (ca. 2005)	0,30	150%	Dämmung zusätzlich 14 cm WLG 035	0,14	70%	0,14
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Flachdach Grundschule Baualtersklasse 69-78	0,60	300%	Abriss Festhalle, Flur: Dämmung PUR Hartschaum 16 cm WLG 024	0,14	70%	0,14
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Satteldach Mittelschule Baualtersklasse 58-68	0,60	300%	Dämmung Geschossdecke unter Satteldach 26 cm WLG 035	0,14	70%	0,14
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	Flachdach Mittelschule Baualtersklasse 58-68	1,20	600%	Abriss Halle West, Verbindungsgang: Dämmung PUR Hartschaum 16 cm WLG 024	0,14	70%	0,14
Außenwand	0,28	Außenwand Grundschule MW mit geringer Dämmung	1,00	357%	Dämmung neu 16 cm WLG 035	0,19	68%	0,20
Außenwand	0,28	Außenwand Mittelschule MW Baualtersklasse 58-68	1,40	500%	Dämmung 16 cm WLG 035	0,19	68%	0,20
Fenster	1,30	Fenster Grundschule Alufenster Wärmeschutzverglasung Glasbausteine Halle West	3,20	246%	Abriss Halle West; Fenstertausch mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	0,90	69%	0,95
Fenster	1,30	Verbindungsgang Einfachverglasung	5,00	385%	Fenstertausch mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	0,90	69%	0,95
Fenster	1,30	Fenster Mittelschule Kunststofffenster Wärmeschutzvergl. (ca. 2002)	1,70	131%	3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	0,90	69%	0,95
Fenster	1,30	Fenster Mittelschule Festhalle Glasbausteine	3,20	246%	Abriss Festhalle	-	-	0,95
Außentüren	1,80	Außentüren	4,00	222%	Außentüren Neu; Glastüren mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	1,30	72%	1,30
Bodenplatte	0,35	Massivdecke Baualtersklasse 58-78	1,20	343%	keine Maßnahme	1,20	343%	0,35

Bei der Bauausführung ist auf eine wärmebrückenfreie und luftdichte Ausführung zu achten. Dies kann nur durch eine kompetente Planung und Baubegleitung gewährleistet werden.

Folgende Tabelle zeigt die Kostenschätzung für die Umsetzung der Einzelmaßnahmen und die jeweiligen energiebedingten Mehrkosten. Die energiebedingten Mehrkosten stellen z.B. den Mehraufwand der Dämmmaßnahmen bei der Gebäudehülle gegenüber den „ohnein Maßnahmen“ dar, die bei einer Gebäudesanierung nach gesetzlichen Vorgaben nötig sind. Bei den Fenstern sind beispielsweise die Mehrkosten der 3-Scheibenverglasung gegenüber einer 2-Scheibenverglasung berücksichtigt.

Bei der Beleuchtungsumstellung auf LED-Technik wird der Vollkostenansatz gewählt (energiebedingte Mehrkosten entspricht gesamten Investitionen).

**Tabelle 3: Einzelmaßnahmen Investitionen**

Maßnahme Gebäudehülle BEG Einzelmaßnahmen	Bauteilfläche	Invest je Bauteilfläche	Energiebedingte Mehrkosten	Investitionen gesamt (brutto)	BEG-Zuschuss Einzelmaßnahmen 15%	Investitionen abzüglich Zuschuss	Energiebedingte Mehrkosten	Energiebedingte Mehrkosten abzgl. Zuschuss
Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule 14 cm	750 m <sup>2</sup>	60 €/m <sup>2</sup>	60 €/m <sup>2</sup>	45.000 €	6.750 €	38.250 €	45.000 €	38.250 €
Flachdächer PUR Hartschaum 16 cm	200 m <sup>2</sup>	280 €/m <sup>2</sup>	140 €/m <sup>2</sup>	56.000 €	8.400 €	47.600 €	28.000 €	19.600 €
Dämmung unter Satteldach Mittelschule 26 cm	1.450 m <sup>2</sup>	140 €/m <sup>2</sup>	60 €/m <sup>2</sup>	203.000 €	30.450 €	172.550 €	87.000 €	56.550 €
Dächer gesamt	2.400 m <sup>2</sup>			304.000 €	45.600 €	258.400 €	160.000 €	114.400 €
Außenwände Dämmung 16 cm	3.500 m <sup>2</sup>	245 €/m <sup>2</sup>	145 €/m <sup>2</sup>	857.500 €	128.625 €	728.875 €	507.500 €	378.875 €
Fenstertausch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	895 m <sup>2</sup>	970 €/m <sup>2</sup>	300 €/m <sup>2</sup>	868.150 €	130.223 €	737.928 €	268.500 €	138.278 €
Außentüren (teilweise mit 3-Scheiben-Verglasung)	55 m <sup>2</sup>	2000 €/m <sup>2</sup>	300 €/m <sup>2</sup>	110.000 €	16.500 €	93.500 €	16.500 €	0 €
<b>Kosten Gebäudehülle Einzelmaßnahmen</b>	<b>6.850 m<sup>2</sup></b>			<b>2.139.650 €</b>	<b>320.948 €</b>	<b>1.818.703 €</b>	<b>952.500 €</b>	<b>631.553 €</b>
<b>Umstellung Beleuchtung auf LED</b>				<b>85.000 €</b>	<b>12.750 €</b>	<b>72.250 €</b>	<b>85.000 €</b>	<b>72.250 €</b>

Die Kostenschätzung ergibt sich aus allgemeinen Richtpreisen (BKI-Kostenplaner) und entspricht keiner Angebotseinholung. Ermittlung der energiebedingten Mehrkosten in Anlehnung an die Online-Publikation, Nr. 07/2012 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

**Tabelle 4: Einzelmaßnahmen Energie- und Kosteneinsparung**

Maßnahme Gebäudehülle BEG Einzelmaßnahmen	Energie- einsparung	Einsparung Energiekosten	Einsparung Energiekosten mit Preissteigerung 2 %/a	Amortisation Mehrkosten
Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule 14 cm				
Flachdächer PUR Hartschaum 16 cm				
Dämmung unter Satteldach Mittelschule 26 cm				
Dächer gesamt	36.492 kWh/a	2.554 €/a	3.307 €/a	34,6 Jahre
Außenwände Dämmung 16 cm	151.033 kWh/a	10.572 €/a	13.687 €/a	27,7 Jahre
Fenstertausch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	65.253 kWh/a	4.568 €/a	5.913 €/a	23,4 Jahre
Außentüren (teilweise mit 3-Scheiben-Verglasung)	Einsparung bei Fenstern berücksichtigt			
<b>Kosten Gebäudehülle Einzelmaßnahmen</b>	<b>252.778 kWh/a</b>	<b>17.694 €/a</b>	<b>22.907 €/a</b>	<b>27,6 Jahre</b>
<b>Umstellung Beleuchtung auf LED</b>	<b>12.000 kWh/a</b>	<b>5.400 €/a</b>	<b>6.991 €/a</b>	<b>10,3 Jahre</b>

Aus der berechneten Energieeinsparung ergibt sich die jährliche Energiekosteneinsparung. Unter Berücksichtigung einer jährlichen Preissteigerung von 2 % werden die durchschnittlichen Energiekosten über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren berechnet. Hieraus ergibt sich die Amortisation der energiebedingten Mehrkosten. Bei der Energieeinsparung ist nicht die Energiereduktion durch den Abriss berücksichtigt sondern lediglich die Einsparung durch die Sanierungsmaßnahmen!

Für die Energiekosteneinsparung Wärme wird ein spezifischer Preis von **7,0 ct/kWh** (70 €/MWh) angesetzt. Dies entspricht in etwa 2/3 des Wärmepreises aus dem aktuellen Jahresgrundpreis und Arbeitspreis (siehe Bewertung Bestandsgebäude). Für die Energiekosteneinsparung Strom werden **45 ct/kWh** angesetzt. Dies entspricht in etwa den Stromkosten unter Berücksichtigung der Strompreisbremse. Im Durchschnitt amortisieren sich die Maßnahmen an der Gebäudehülle nach 28 Jahren und bei der Beleuchtungsumstellung nach 10 Jahren.

### 6.2.2.5 Sanierung zum Effizienzgebäude 70

Um bei einer Komplettsanierung das Effizienzgebäude 70 erreichen zu können, müssen an der Gebäudehülle zusätzliche Dämmmaßnahmen gegenüber den Einzelmaßnahmen vorgenommen werden:

- Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule: 14 cm + **4 cm** (WLG 035)
- Dämmung Flachdächer: 16 cm + **4 cm** PUR Hartschaum (WLG 024)
- Dämmung unter Satteldach Mittelschule: 26 cm + **4 cm** (WLG 035)
- Dämmung alle Außenwände: 16 cm + **8 cm** (WLG 035)
- Kompletter Fenstertausch gegen 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung
- Umstellung Beleuchtung auf LED sowie Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen
- Zusätzlich werden Maßnahmen zur Heizungsoptimierung berücksichtigt (siehe Handlungsempfehlung Heizungstechnik)

Hierdurch ist eine Förderung von 25 % + 5 % (EE-Bonus) auf alle Maßnahmen möglich.

Folgende Tabelle zeigt den Nachweis für das Effizienzgebäude 70 aus dem Energieberatungsprogramm Hottgenroth:

**Tabelle 5: Nachweis Effizienzgebäude**

#### Effizienzgebäude-Stufen

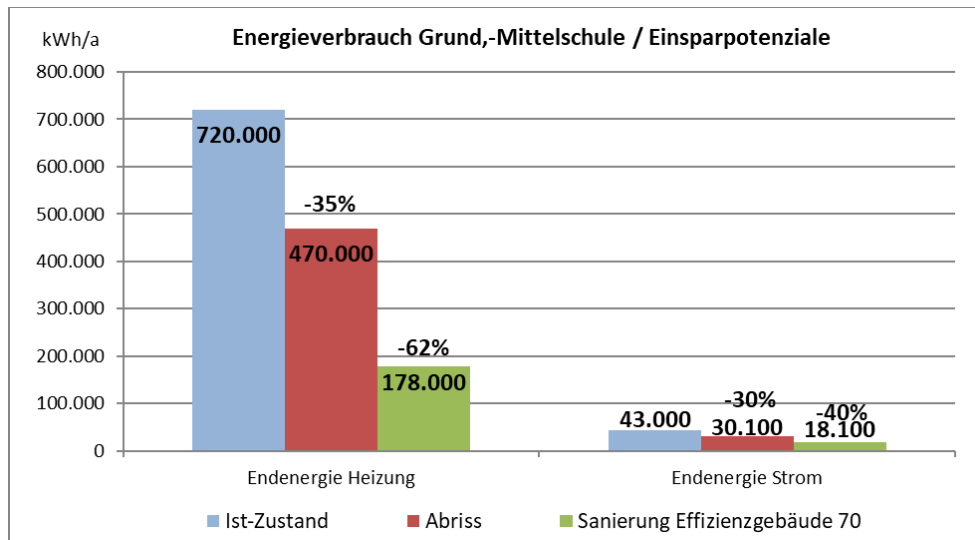
Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	23,7	☑ 136,2	97,3	☑ 38,9	☑ 53,5	☑ 68,1	☑ 97,3	☑ 155,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☑ 0,26	☑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,90	☑ 2,66		☑ 1,00	☑ 1,20	☑ 1,40	☑ 1,80	

\* EH 100 für Bestandsgebäude wird nur noch bis zum 28.07.2022 gefördert.

Hierbei müssen die Anforderungen sowohl für den Primärenergiebedarf als auch für die mittleren U-Werte eingehalten werden. Durch die bestehende Hackschnitzelheizung wird beim Primärenergiebedarf sogar das Effizienzgebäude 40 erreicht.

Folgende Abbildung zeigt die gesamten Einsparpotenziale bei Heizung und Strom durch den Abriss der Festhalle, des ehem. Wohnhauses und der Halle West sowie die weiteren Einsparpotenziale bei Komplettsanierung zum Effizienzgebäude 70.

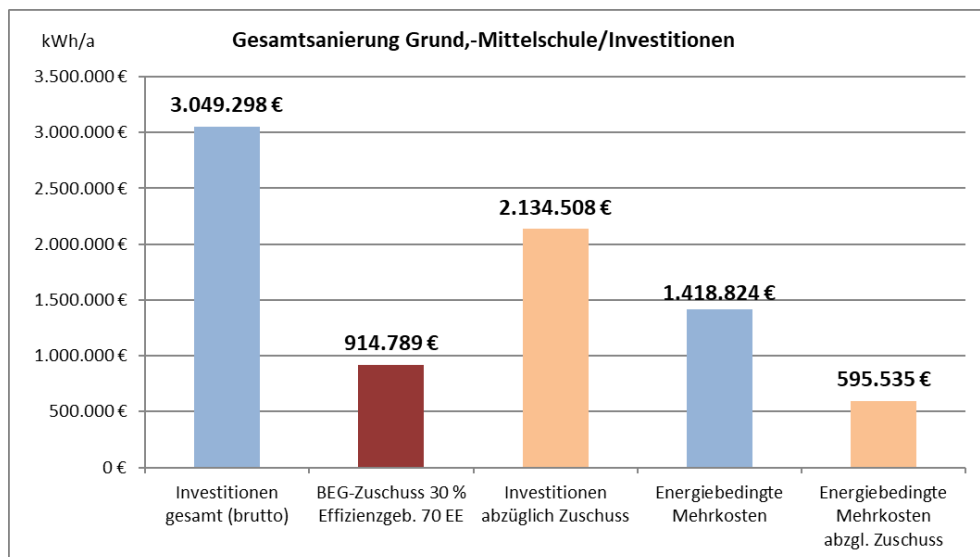
**Abbildung 71: Einsparpotenzial Energieverbrauch Effizienzgebäude 70**



Insgesamt kann der Wärmebedarf um 75 % und der Strombedarf um knapp 60 % zurückgehen.

Die Abbildung zeigt die gesamten Investitionen (Gebäudehülle, Heizung und Beleuchtung), den möglichen BEG-Zuschuss und die energiebedingten Mehrkosten in der Gegenüberstellung.

**Abbildung 72: Investitionen, Zuschuss, Mehrkosten Effizienzgebäude 70**



Bei kann über 3 Mio. Gesamtinvestitionen ist ein Zuschuss von über 900.000 € möglich. Die energiebedingten Mehrkosten abzüglich des Zuschusses betragen dann rund 600.000 €.

Folgende Tabelle zeigt die Kostenschätzung für die Umsetzung Maßnahmenpaketes und die jeweiligen energiebedingten Mehrkosten. Die Heizungsoptimierung wird aufgrund der technischen Dringlichkeit als Standardmaßnahme ohne energiebedingte Mehrkosten angesetzt. Die Planungs- und Nebenkosten werden zu 50 % den energiebedingten Mehrkosten zugerechnet. Bei der Beleuchtungsumstellung auf LED-Technik wird auch hier der Vollkostenansatz gewählt.

**Tabelle 6: Effizienzgebäude 70 Investitionen**

Maßnahme Gebäudehülle BEG Einzelmaßnahmen	Bauteilfläche	Invest je Bauteilfläche	Energiebedingte Mehrkosten	Investitionen gesamt (brutto)	BEG-Zuschuss 30 % Effizienzgeb. 70 EE	Investitionen abzüglich Zuschuss	Energiebedingte Mehrkosten	Energiebedingte Mehrkosten abzgl. Zuschuss
Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule 18 cm	750 m <sup>2</sup>	80 €/m <sup>2</sup>	80 €/m <sup>2</sup>	60.000 €	18.000 €	42.000 €	60.000 €	42.000 €
Flachdächer PUR Hartschaum 20 cm	200 m <sup>2</sup>	300 €/m <sup>2</sup>	160 €/m <sup>2</sup>	60.000 €	18.000 €	42.000 €	32.000 €	14.000 €
Dämmung unter Satteldach Mittelschule 30 cm	1.450 m <sup>2</sup>	160 €/m <sup>2</sup>	80 €/m <sup>2</sup>	232.000 €	69.600 €	162.400 €	116.000 €	46.400 €
Dächer gesamt	2.400 m <sup>2</sup>			352.000 €	105.600 €	246.400 €	208.000 €	102.400 €
Außenwände Dämmung 24 cm	3.500 m <sup>2</sup>	285 €/m <sup>2</sup>	185 €/m <sup>2</sup>	997.500 €	299.250 €	698.250 €	647.500 €	348.250 €
Fenstertausch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	895 m <sup>2</sup>	970 €/m <sup>2</sup>	300 €/m <sup>2</sup>	868.150 €	260.445 €	607.705 €	268.500 €	8.055 €
Außentüren (teilweise mit 3-Scheiben-Verglasung)	55 m <sup>2</sup>	2000 €/m <sup>2</sup>	300 €/m <sup>2</sup>	110.000 €	33.000 €	77.000 €	16.500 €	0 €
Heizungsoptimierung			Standard- maßnahme	250.000 €	75.000 €	175.000 €	0 €	0 €
Planung/Nebenkosten 15%			50%	386.648 €	115.994 €	270.653 €	193.324 €	77.330 €
<b>Kosten Gebäudehülle+Heizung Maßnahmenpaket</b>	<b>6.850 m<sup>2</sup></b>			<b>2.964.298 €</b>	<b>889.289 €</b>	<b>2.075.008 €</b>	<b>1.333.824 €</b>	<b>536.035 €</b>
<b>Umstellung Beleuchtung auf LED</b>				<b>85.000 €</b>	<b>25.500 €</b>	<b>59.500 €</b>	<b>85.000 €</b>	<b>59.500 €</b>

Die Kostenschätzung ergibt sich aus allgemeinen Richtpreisen (BKI-Kostenplaner) und entspricht keiner Angebotseinholung. Ermittlung der energiebedingten Mehrkosten in Anlehnung an die Online-Publikation, Nr. 07/2012 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Tabelle 7: Effizienzgebäude 70 Energie- und Kosteneinsparung

Maßnahme Gebäudehülle BEG Einzelmaßnahmen	Energie- einsparung	Einsparung Energiekosten	Einsparung Energiekosten mit Preissteigerung 2%/a	Amortisation Mehrkosten	CO2- Einsparung
Zusatzdämmung unter Satteldach Grundschule 18 cm					
Flachdächer PUR Hartschaum 20 cm					
Dämmung unter Satteldach Mittelschule 30 cm					
Dächer gesamt	42.154 kWh/a	2.951 €/a	3.820 €/a	26,8 Jahre	1.054 kg/a
Außenwände Dämmung 24 cm	174.468 kWh/a	12.213 €/a	15.810 €/a	22,0 Jahre	4.362 kg/a
Fenstertausch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	75.378 kWh/a	5.276 €/a	6.831 €/a	1,2 Jahre	1.884 kg/a
Außentüren (teilweise mit 3-Scheiben-Verglasung)	Einsparung bei Fenstern berücksichtigt				
Heizungsoptimierung	Einsparung bei Bauteilen berücksichtigt				
Planung/Nebenkosten 15 %					
<b>Kosten Gebäudehülle+Heizung Maßnahmenpaket</b>	<b>292.000 kWh/a</b>	<b>20.440 kWh/a</b>	<b>26.461 €/a</b>	<b>20,3 Jahre</b>	<b>7.300 kg/a</b>
<b>Umstellung Beleuchtung auf LED</b>	<b>12.000 kWh/a</b>	<b>5.400 €/a</b>	<b>6.991 €/a</b>	<b>8,5 Jahre</b>	<b>5.076 kg/a</b>

Auch hier wird bei der Energieeinsparung nicht die Energiereduktion durch den Abriss berücksichtigt sondern lediglich die Einsparung durch die Sanierungsmaßnahmen! Gegenüber den Einzelmaßnahmen ist eine zusätzliche Wärmeinsparung von ca. 39.000 kWh/a möglich. Trotz des deutlich höheren Kostenansatzes durch Mehraufwand, Heizungsoptimierung und Planung/Nebenkosten gegenüber den Einzelmaßnahmen reduziert sich die Amortisation durch die doppelt so hohe Förderung von 28 auf 20 Jahre. Bei dem unveränderten Kostenansatz für die Beleuchtung reduziert sich die Amortisation von 10,3 auf 8,5 Jahre.



### **6.2.2.6 Empfehlung**

Als Einzelmaßnahmenkombination sollte eine gleichzeitige Außenwanddämmung mit einem Fenstertausch erfolgen. Hierdurch kann die konstruktive Bauausführung aufeinander abgestimmt werden, dies reduziert Wärmebrücken und verhindert mögliche Bauschäden.

Aufgrund des Gebäudezustandes und der aktuellen Fördersituation geht die Empfehlung ganz klar in Richtung Effizienzgebäudesanierung. Ein Großteil der energiebedingten Mehrkosten wird hier durch die Förderung gedeckt.

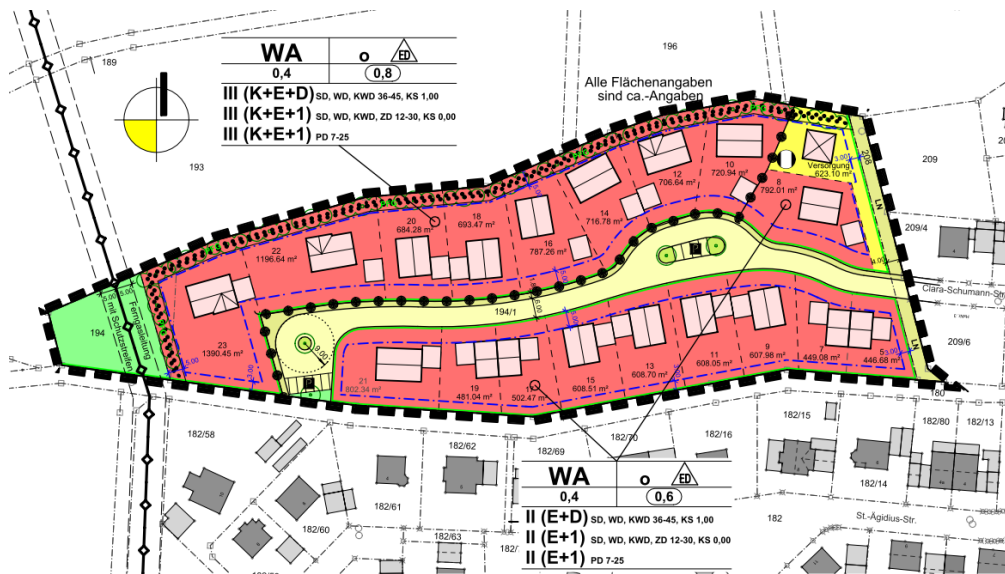
### 6.3 Wärmeversorgungskonzept Neubaugebiet Kirchenlaibach

Im Folgenden wird eine Voruntersuchung für eine Nahwärmeversorgung für das Neubaugebiet im Ortsteil Kirchenlaibach erstellt.

#### 6.3.1 Grundlagenermittlung

In dem Neubaugebiet sind insgesamt 18 Wohneinheiten geplant. 6 Einfamilienhäuser (EFH) mit Erdgeschoss und Dachgeschoss (E+D), 8 EFH mit zwei Vollgeschossen (E+1) und zwei Doppelhaushälften (DH) mit E+1.

Abbildung 73: Bebauungsplan Neubaugebiet Kirchenlaibach



Quelle: Bebauungsplan (Gemeinde Speichersdorf)

Hieraus ergeben sich insgesamt rund 2.640 m<sup>2</sup> Wohnfläche:

Tabelle 8: Wohnflächenermittlung Neubaugebiet Kirchenlaibach

Haustyp		Wohnfl.	Häuser	Wohnfl. gesamt
EFH	E+D	149 m <sup>2</sup>	6	895 m <sup>2</sup>
EFH	E+1	164 m <sup>2</sup>	8	1.310 m <sup>2</sup>
DH	E+1	218 m <sup>2</sup>	2	437 m <sup>2</sup>
<b>Summen</b>			<b>16</b>	<b>2.642 m<sup>2</sup></b>

Bei einem angenommenem Wärmebedarf von 46 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche für hocheffiziente Gebäude (Heizung und Warmwasserbereitung) ergibt sich ein gesamt Wärmebedarf für das Neubaugebiet von rund 122 MWh/a.

Folgende Abbildung zeigt eine möglichen Wärmenetzverlauf und den Standort des Heizhauses im nord-östlichen Eck des Neubaugebietes:

**Abbildung 74: Entwurf Neubaugebiet Kirchenlaibach mit Wärmenetz**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Bebauungsplan

Bei 273 Trassenmetern (lfm) Hauptleitung und 252 lfm Anschlussleitung ergibt sich eine Wärmebelegungsichte von 232 kWh/lfm:

**Tabelle 9: Wärmebelegungsichte Neubaugebiet Kirchenlaibach**

<b>Wärmenetz Neubaugebiet Kirchenlaibach</b>	
Hauptleitung	273 lfm
Anschlussleitung	252 lfm
<b>gesamt</b>	<b>525 lfm</b>
Wärmebedarf	121.523 kWh/a
<b>Wärmebelegung</b>	<b>232 kWh/lfm</b>

Umso dichter die Bebauung eines Wohngebietes, desto höher ist die Wärmebelegungsichte.

Im Rahmen des Energienutzungsplanes werden folgende drei Wärmeversorgungsvarianten untersucht und gegenübergestellt:

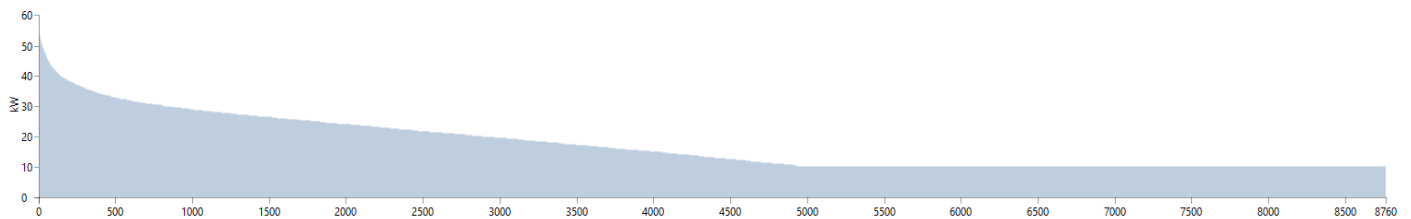
- Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse-Hackschnitzelzentrale
- Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse und Freiflächen-Solarthermie
- Kalte Nahwärme mit Geothermie

Demgegenüber wird eine dezentrale Wärmeversorgung mit einzelnen Luft-Wärmepumpen in den Gebäuden dargestellt.

### 6.3.2 Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse-Hackschnitzelzentrale

Aus den oben genannten Eingangsdaten ergibt sich im Simulationsprogramm Sophena 2.0\* folgende Jahresdauerlinie für die Netzlast:

**Abbildung 75: Jahresdauerlinie Netzlast**



Quelle: Sophena 2.0

\*Die Auslegung erfolgt mit der Berechnungssoftware Sophena 2.0 von C.A.R.M.E.N. e.V. und muss durch ein geeignetes Planungsbüro detailliert berechnet werden.

Die Jahresdauerlinie zeigt den Leistungsbedarf im Wärmenetz auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit bezogen auf 8.760 Jahresstunden. Die nur wenige Stunden im Jahr auftretenden Bedarfsspitzen betragen maximal 120 kW. Zur Optimierung des Netzbetriebes wird eine Pufferspeicher von mindestens 5.000 Litern berücksichtigt. Der Pufferspeicher hat die Aufgabe, die Wärme eines Wärmeerzeugers aufzunehmen, sie zu speichern und bei Bedarf an das Wärmenetz abzugeben. Dadurch können Lastspitzen minimiert sowie die Laufzeit und Taktung des Hackschnitzelkessels reduziert werden. Der Pufferspeicher leistet einen Deckungsbeitrag von über 50 % am Wärmebedarf.

Folgende Tabelle zeigt die Energiebilanz der Hackschnitzel-Heizzentrale mit dem Wärmenetz:

**Tabelle 10: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Netzverluste**

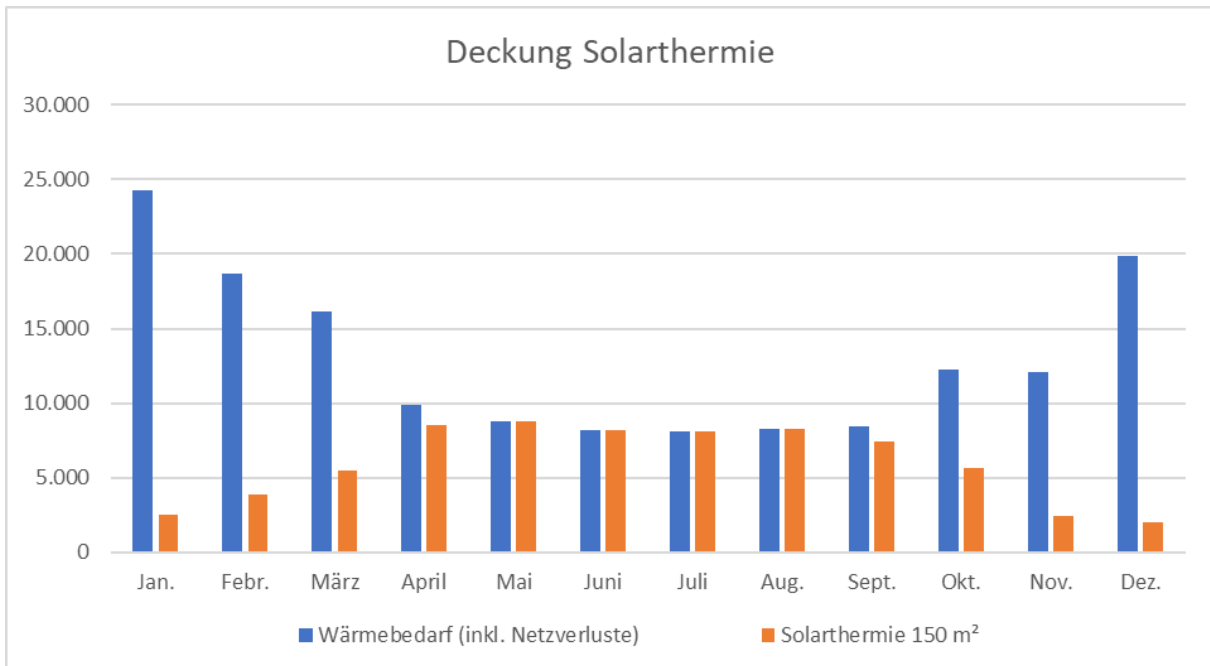
	kWh/a	Verluste
<b>Brennstoffenergie Hack</b>	178.141	
<b>Erzeugungsverluste</b>	23.235	13%
<b>Erzeugte Wärme im Netz</b>	154.906	
<b>Netzverluste</b>	<b>30.340</b>	<b>20%</b>
<b>Pufferspeicherverluste</b>	2.464	2%
<b>Lieferung Wärmeabnehmer</b>	<b>122.102</b>	

Für die Brennstoffenergie werden ca. 57 Tonnen (t), bzw. 215 Schüttraummeter (Srm) Hackschnitzel benötigt. Die Erzeugungsverluste durch den Kessel betragen 13 %, die Wärmenetzverluste betragen 20 % der erzeugten Wärme im Netz.

### 6.3.3 Zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse und Freiflächen-Solarthermie

Um den Hackschnitzelbedarf zu reduzieren kann eine Freiflächen-Solarthermieanlage in das Wärmeerzeugungssystem integriert werden. Folgende Abbildung zeigt den möglichen Deckungsanteil einer Anlage mit 150 m<sup>2</sup> Kollektorfläche:

**Abbildung 76: Deckungsanteil Freiflächen-Solarthermie**



Quelle: Eigene Darstellung nach Simulation mit T-SOL

\*Die Auslegung erfolgt mit der Berechnungssoftware T-SOL von Valentin-Software und muss durch ein geeignetes Planungsbüro detailliert berechnet werden.

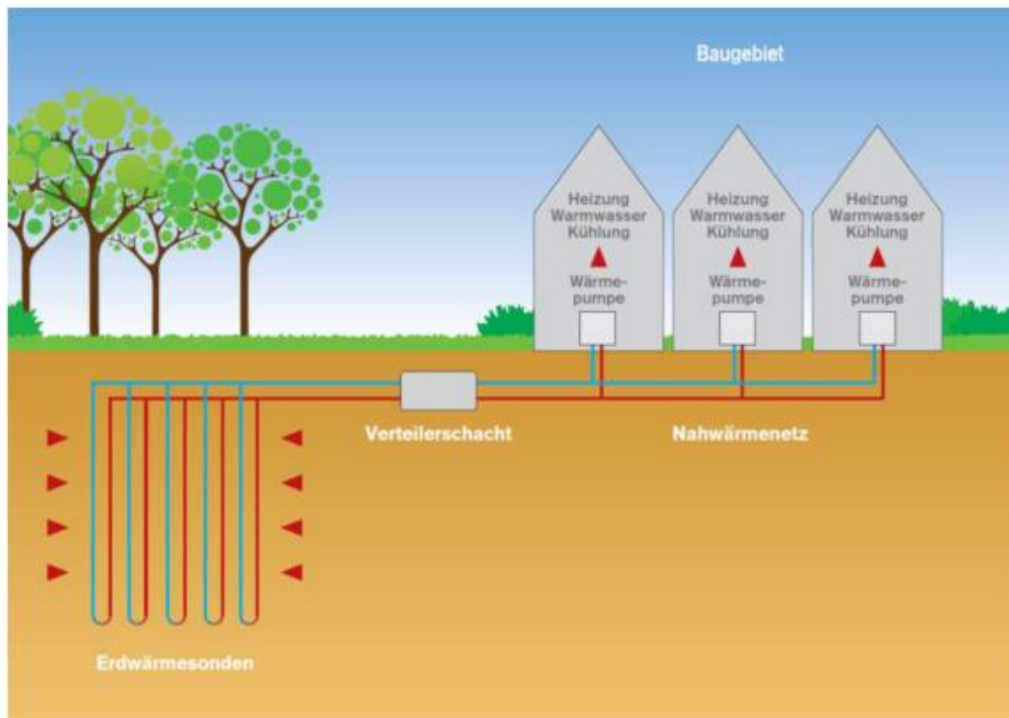
In den Monaten Mai bis August ist eine komplette Deckung des Wärmebedarfs, inkl. der Wärmenetzverluste möglich. Insgesamt kann der Deckungsanteil 45 % am Wärmebedarfs betragen. Dies reduziert den Hackschnitzelbedarf von 57 Tonnen auf 31 Tonnen.

Der Flächenbedarf der Solarthermieanlage beträgt ca. 250 m<sup>2</sup> bis 300 m<sup>2</sup>. Als Pufferspeichervolumen sollten zusätzlich mindestens 15 m<sup>3</sup> (100 l/m<sup>2</sup>) installiert werden.

### 6.3.4 Kalte Nahwärme mit Geothermie

Kalte Nahwärme ist eine technische Variante eines Wärmeversorgungsnetzes, das mit niedrigen Übertragungstemperaturen in der Nähe der Umgebungstemperatur arbeitet und daher sowohl Wärme als auch Kälte bereitstellen kann. Üblich sind mit Erdwärmesonden Übertragungstemperaturen im Bereich von ca. 10 C, wodurch diese Systeme mit Temperaturen deutlich unterhalb herkömmlicher Wärmenetzsysteme arbeiten. Die Rohrleitungen sind ungedämmt, sodass beim Kalten Wärmenetz sogar Wärmegewinne durch das Erdreich entstehen.

**Abbildung 77: Systematik Kalte Nahwärme**



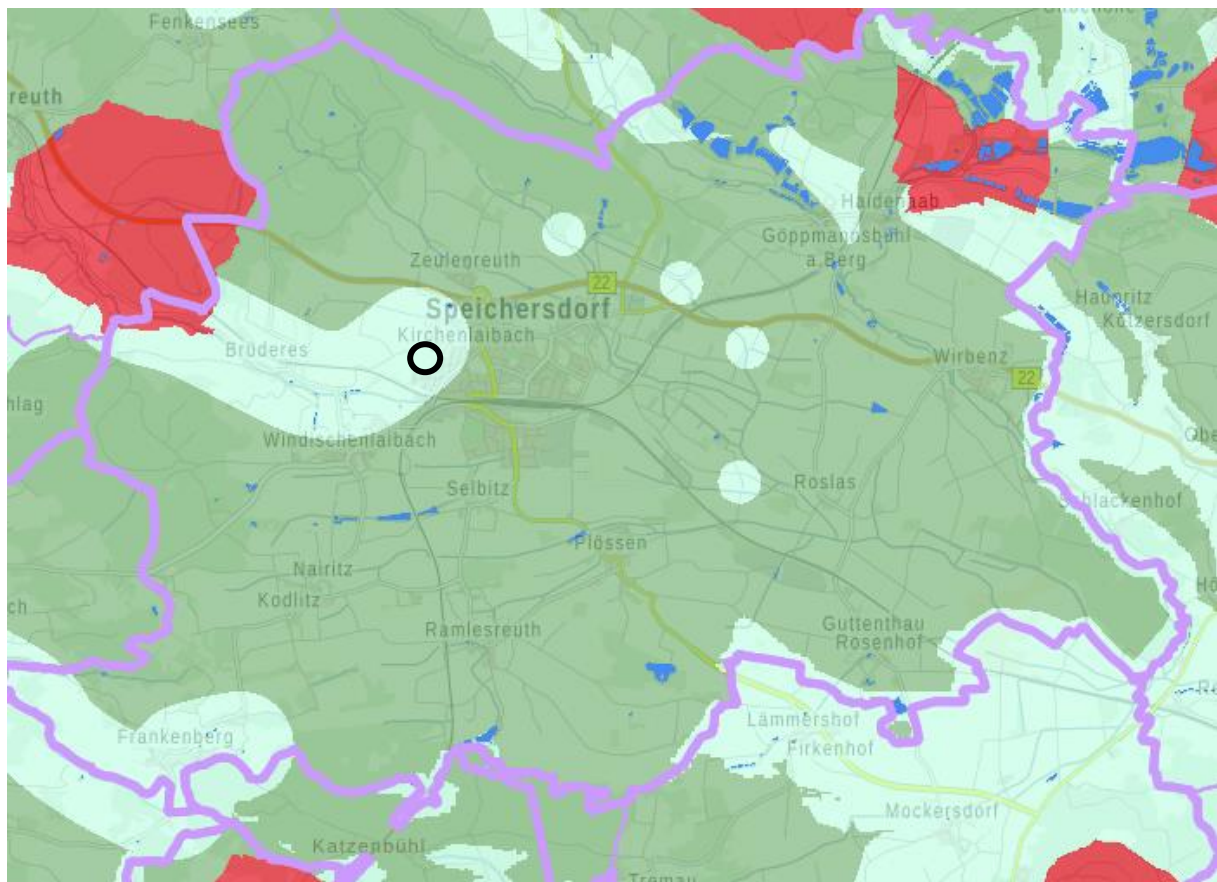
Quelle: BauGrund Süd GmbH

Im Gegensatz zu herkömmlichen Wärmenetzen erfolgen Warmwassererzeugung und Gebäudeheizung nicht über herkömmliche Hausübergabestationen, sondern durch Sole-Wasser-Wärmepumpen, die aufgrund der konstanten Temperatur im Wärmenetz deutlich effizienter arbeiten können als Luft-Wasser-Wärmepumpen. Der Betrieb und der Stromeinkauf für die Wärmepumpe bleibt üblicherweise in der Verantwortung des Wärmenetzbetreibers. Der Gebäudeeigentümer kauft vom Wärmenetzbetreiber die Wärme, die anhand eines Wärmemengenzählers abgerechnet wird. Grundsätzlich sind unterschiedliche Betreibermodelle möglich.

Bei diesem System kann die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von ca. 4,5 erreichen.

Im Energieatlas Bayern kann eine Ersteinschätzung über eine mögliche Nutzung der oberflächennahen Geothermie abgefragt werden.

**Abbildung 78: Nutzung Oberflächennahe Geothermie Speichersdorf**



Standorteignung oberflächennahe Geothermie

- Erdwärmekollektoren, -sonden und Grundwasserwärmepumpen
- Erdwärmekollektoren und -sonden
- Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen
- Erdwärmekollektoren
- nicht möglich (Wasserschutzgebiet)
- nicht möglich (Gewässer)

Quelle: Energieatlas Bayern

Im Gemeindegebiet Speichersdorf sind großteils Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden möglich. Am Standort des geplanten Neubaugebietes sind nach erstem Kenntnisstand keine Erdwärmesonden möglich, für die Nutzung von Grundwasserwärme ist eine Einzelfallprüfung nötig. Erdwärmekollektoren sind flächig, mindestens in Frosttiefe zu verbauen.

Ausgehend vom gesamten Wärmebedarf im Neubaugebiet ergibt sich mit einer Jahresarbeitszahl von 4,5 der nötige Strombedarf für die Sole-Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden. Die Differenz ist der nötige Wärmeentzug. Hiervon können rund 5 % als Wärmegewinn aus dem Erdreich durch das Leitungsnetz aufgenommen werden. Die restliche Wärmemenge muss durch die Erdkollektoren zur Verfügung gestellt werden.

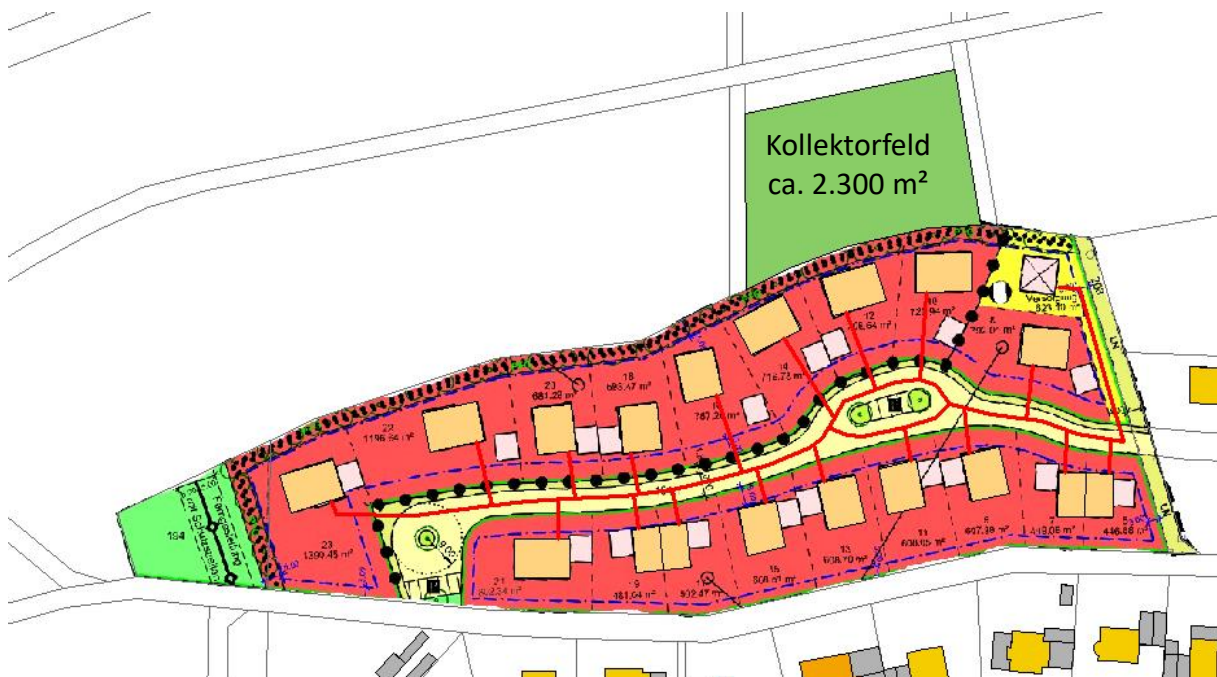
Mit einem spezifischen Wärmeentzug von durchschnittlich  $25 \text{ m}^2/\text{MWh}$  ergibt sich der nötige Flächenbedarf für das Kollektorfeld.

**Tabelle 11: Dimensionierung Kalte Nahwärme**

Überschlägige Dimensionierung	Kirchenlaibach
Wärmebedarf	<b>122 MWh</b>
Jahresarbeitszahl WP	4,5
Strombedarf WP	<b>27 MWh</b>
Nötiger Wärmeentzug	95 MWh
Wärmeentzug Netz	5%
Wärmeentzug Netz	4,7 MWh
Wärmeentzug Geothermie	95%
Wärmeentzug Geothermie	<b>90 MWh</b>
Spez. Wärmeentzug Kollektoren	$25 \text{ m}^2/\text{MWh}$
Flächenbedarf Kollektoren	<b>2.245 m<sup>2</sup></b>

Anhand einer ersten Abschätzung ist ein Kollektorfeld von rund  $2.300 \text{ m}^2$  nötig. Die geologischen Untergrundverhältnisse sind im Detail durch Probegrabungen zu erkunden. Der genaue Flächenbedarf ist von den geologischen Bodenverhältnissen abhängig.

**Abbildung 79: Nötiges Kollektorfeld Oberflächennahe Geothermie**





### 6.3.5 Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmeversorgung Neubaugebiet

Im Folgenden wird der Wirtschaftlichkeitsvergleich für die zentralen Wärmeversorgungsvarianten des Neubaugebietes Kirchenlaibach berechnet. Demgegenüber wird eine Einzelversorgung der Wohngebäude mit Luft-Wärmepumpen dargestellt.

#### 6.3.5.1 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067. Dabei werden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode die Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten ermittelt.

Die Wärmegestehungskosten geben die Summe der Kosten an, welche bei der Erzeugung einer Wärmeinheit MWh bzw. kWh entstehen. Hierdurch sind dann verschiedene Wärmeversorgungsvarianten vergleichbar. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird mit Nettokosten erstellt.

#### Folgende Kosten werden berücksichtigt:

- **Kapitalgebundene Kosten** auf Basis durchschnittlicher Marktpreise für die einzelnen Anlagenkomponenten. Hierbei wird die Nutzungsdauer der einzelnen Anlagenbestandteile sowie der sich aus Fremdkapitalzinssatz und Zinserwartungen für eingesetztes Eigenkapital ergebende Kapitalzinssatz berücksichtigt. Die kapitalgebundenen Kosten entstehen unabhängig davon, ob die Anlage in Betrieb ist oder stillsteht.
- **Verbrauchsgebundene Kosten (Stand 04/2023)**
  - Hackschnitzel 95 €/Tonne 3,1 ct/kWh (Quelle: C.A.R.M.E.N)
  - Hilfsstrom\* 30 ct/kWh (Quelle: eon)
  - Wärmepumpenstrom\* 20 ct/kWh (Quelle: eon)

#### Für die Energiekosten wird folgende jährliche Preissteigerung angesetzt:

- Hackschnitzel: 1,5 %
- Strom: 2,5 %
- **Betriebsgebundene Kosten** der einzelnen Anlagenkomponenten für Wartung, Instandsetzung und Betrieb.
- **Sonstige Kosten** für z.B.: Versicherung, Steuern und Verwaltung.

Die Kostenermittlung entspricht keiner detaillierten Planungsleistung, sondern einer ersten Vorabschätzung.

**Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende weitere Grundannahmen:**

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Der Kapitalmarkt-Zinssatz beträgt 2,5 %
- Bei den Varianten mit Wärmepumpen (Kalte Nahwärme mit Sole-WP und dezentrale Luft-WP) wird eine Eigenstromdeckung durch Photovoltaik in Höhe von 35 % angesetzt.

**Förderung Wärmenetze:**

Seit September 2022 steht für Wärmenetze mit Erneuerbarer Wärmeerzeugung die Bundesförderung Energieeffiziente Wärmenetze (BEW) zur Verfügung. Ein förderfähiges Wärmenetz liegt ab mindestens 17 Anschlussnehmern vor. Hier sind investive Maßnahmen mit bis zu 40 % Zuschuss möglich. Für alle drei zentralen Wärmeversorgungsvarianten entsprechen den aktuellen Förderbedingungen (Stand 04/2023) Quelle:

[www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermenetze/effiziente\\_waermenetze](http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze)

Für die dezentralen Wärmepumpen ist im Neubau keine Förderung möglich.

### 6.3.5.2 Jahresgesamtkosten zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse-Hackschnitzel

Für das Wärmenetz mit der Hackschnitzel-Heizzentrale ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegegostehungskosten je MWh:

**Abbildung 80: Jahresgesamtkosten Biomasse Hackschnitzelzentrale**

<b>Hackschnitzel Wärmenetz Neubaugebiet Kirchenlaibach</b>				
<b>Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1,5 %, Strom 2,5 %</b>				
			<b>Zins</b>	<b>2,50%</b>
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs- dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Baukosten Heizhaus	60.000 €	50	0,0353	2.115 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	25.000 €	25	0,0543	1.357 €/a
Pufferspeicher Heizhaus 5 m <sup>3</sup>	5.000 €	25	0,0543	271 €/a
Hackschnitzelkessel 120 kW	25.000 €	20	0,0641	1.604 €/a
Zubehör Hackschnitzelkessel / Montage	30.000 €	20	0,0641	1.924 €/a
Wärmenetz-Pumpen	5.000 €	15	0,0808	404 €/a
Hauptleitung, Duo DN 32 (ohne Tiefbau)	27.000 €	40	0,0398	1.076 €/a
Anschlussleitung, Duo DN 22 (ohne Tiefbau)	19.000 €	40	0,0398	757 €/a
Wärmeübergabestationen 18 Gebäude	108.000 €	20	0,0641	6.928 €/a
Baunebenkosten 15%	46.000 €	30	0,0478	2.198 €/a
<b>Gesamtinvestitionen</b>	<b>350.000 €</b>			
<b>Abzüglich BEW-Zuschuss 40 %</b>	<b>-140.000 €</b>	<b>50</b>	<b>0,0353</b>	<b>-4.936 €/a</b>
<b>Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss</b>	<b>210.000 €</b>			
<b>Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)</b>				<b>13.700 €/a</b>
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchgebundene Kosten Hackschnitzel	5.462 €/a	<b>1,50</b>	1,1444	6.300 €/a
Hilfsenergie Strom	695 €/a	<b>2,50</b>	1,2557	900 €/a
<b>Summe der verbrauchsgebundenen Kosten</b>	<b>6.157 €/a</b>			<b>7.200 €/a</b>
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandhaltung, Hackschnitzelkessel	1.875 €/a	1,00	1,0934	2.100 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	850 €/a	1,00	1,0934	900 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	330 €/a	1,00	1,0934	400 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmeübergabestationen	3.240 €/a	1,00	1,0934	3.500 €/a
Sonstige Kosten (Versicherung, Verwaltung, ...)	1.520 €/a	1,00	1,0934	1.700 €/a
<b>Summe der betriebsgebundenen Kosten</b>	<b>7.815 €/a</b>			<b>8.600 €/a</b>
<b>Jahresgesamtkosten netto</b>	<b>27.672 €/a</b>			<b>29.500 €/a</b>
Jahreswärmebedarf Abnehmer	122 MWh/a			122 MWh/a
<b>Wärmegegostehungskosten netto</b>	<b>227 €/MWh</b>	<b>über 20 Jahre:</b>		<b>242 €/MWh</b>

Die Gesamtinvestitionen abzüglich BEW-Zuschuss belaufen sich auf rund 210.000 €. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 13.700 €/a. Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen rund 6.200 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 1,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 7.200 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich jährlich auf 7.800 bzw. 8.600 €.

Die Wärmegegostehungskosten betragen aktuell 227 €/MWh (22,7 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 242 €/MWh (24,2 ct/kWh).

### 6.3.5.3 Jahresgesamtkosten zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse und Solarthermie

Für das Wärmenetz mit der Hackschnitzel-Heizzentrale und 150 m<sup>2</sup> Freiflächen-Solarthermie ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten je MWh:

**Abbildung 81: Jahresgesamtkosten Biomasse Hackschnitzelzentrale mit Freiflächen-Solarthermie**

<b>Hackschnitzel-Wärmenetz mit Solarthermie Neubaugebiet Kirchenlaibach</b>				
<b>Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1,5 %, Strom 2,5 %</b>				
			<b>Zins</b>	<b>2,50%</b>
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs- dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Baukosten Heizhaus	60.000 €	50	0,0353	2.115 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	25.000 €	25	0,0543	1.357 €/a
Pufferspeicher Heizhaus 15 m <sup>3</sup>	13.000 €	25	0,0543	706 €/a
Hackschnitzelkessel 120 kW	25.000 €	20	0,0641	1.604 €/a
Zubehör Hackschnitzelkessel / Montage	30.000 €	20	0,0641	1.924 €/a
Wärmenetz-Pumpen	5.000 €	15	0,0808	404 €/a
Hauptleitung, Duo DN 32 (ohne Tiefbau)	27.000 €	40	0,0398	1.076 €/a
Anschlussleitung, Duo DN 22 (ohne Tiefbau)	19.000 €	40	0,0398	757 €/a
Wärmeübergabestationen 18 Gebäude	108.000 €	20	0,0641	6.928 €/a
Freiflächen Solarthermie 150 m <sup>2</sup>	60.000 €	20	0,0641	3.849 €/a
Baunebenkosten 15 %	56.000 €	30	0,0478	2.676 €/a
<b>Gesamtinvestitionen</b>	<b>428.000 €</b>			
<b>Abzüglich BEW-Zuschuss 40 %</b>	<b>-171.200 €</b>	50	0,0353	-6.036 €/a
<b>Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss</b>	<b>256.800 €</b>			
<b>Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)</b>				<b>17.400 €/a</b>
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchgebundene Kosten Hackschnitzel	2.987 €/a	<b>1,50</b>	1,1444	3.400 €/a
Hilfsenergie Strom	380 €/a	<b>2,50</b>	1,2557	500 €/a
<b>Summe der verbrauchsgebundenen Kosten netto</b>	<b>3.367 €/a</b>			<b>3.900 €/a</b>
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandhaltung, Hackschnitzelkessel	1.475 €/a	1,00	1,0934	1.600 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	1.530 €/a	1,00	1,0934	1.700 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	330 €/a	1,00	1,0934	400 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmeübergabestationen	3.240 €/a	1,00	1,0934	3.500 €/a
Sonstige Kosten (Solarthermie, Versicherung, Verwaltung, ...)	1.860 €/a	1,00	1,0934	2.000 €/a
<b>Summe der betriebsgebundenen Kosten netto</b>	<b>8.435 €/a</b>			<b>9.200 €/a</b>
<b>Jahresgesamtkosten netto</b>	<b>29.202 €/a</b>			<b>30.500 €/a</b>
Jahreswärmebedarf Abnehmer	122 MWh/a			122 MWh/a
<b>Wärmegestehungskosten netto</b>	<b>239 €/MWh</b>		<b>über 20 Jahre:</b>	<b>250 €/MWh</b>

Die Gesamtinvestitionen abzüglich BEW-Zuschuss belaufen sich auf rund 260.000 €. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 17.400 €/a. Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen rund 3.400 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 1,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 3.900 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich jährlich auf 8.400 bzw. 9.200 €.

Die Wärmegestehungskosten betragen aktuell 239 €/MWh (23,9 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 250 €/MWh (25,0 ct/kWh).

### 6.3.5.4 Jahresgesamtkosten Kalte Nahwärme mit Geothermie

Für die Wärmeversorgung mit einem kalten Wärmenetz und Geothermienutzung ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten je MWh:

**Abbildung 82: Jahresgesamtkosten Kalte Nahwärme mit Geothermie**

<b>Kalte Wärmenetz mit Geothermie Neubaugebiet Kirchenlaibach</b>				
<b>Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067</b>		<b>Zins</b>	<b>2,50%</b>	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs- dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Kollektorfeld / Anbindung Netz	80.000 €	50	0,0353	2.821 €/a
Kaltes Nahwärmentz / Anbindung Gebäude (ohne Tiefbau)	47.000 €	50	0,0353	1.657 €/a
Sole-Wärmepumpen+Speicher 18 EFH	360.000 €	20	0,0641	23.093 €/a
Baunebenkosten 20 %	97.000 €	30	0,0478	4.634 €/a
<b>Gesamtinvestitionen</b>	<b>584.000 €</b>			
<b>Abzüglich BEW-Zuschuss 40 %</b>	<b>-233.600 €</b>	50	0,0353	-8.236 €/a
<b>Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss</b>	<b>350.000 €</b>			
<b>Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)</b>				<b>24.000 €/a</b>
Verbrauchsgebundene Kosten				
	aktuelle Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Arbeitspreis Strom Wärmepumpen	5.400 €/a	<b>2,50</b>	1,2557	6.800 €/a
<b>Stromdeckung durch PV-Anlage 35 %</b>	<b>-1.890 €/a</b>	<b>2,50</b>	<b>1,2557</b>	<b>-2.400 €/a</b>
<b>Summe der verbrauchsgebundenen Kosten</b>	<b>3.500 €/a</b>			<b>4.400 €/a</b>
Betriebsgebundene Kosten				
	aktuelle Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Erdsonden	160 €/a	1,00	1,0934	200 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	235 €/a	1,00	1,0934	300 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmepumpen	7.200 €/a	1,00	1,0934	7.900 €/a
Sonstige Kosten (Versicherung, Verwaltung, ...)	1.218 €/a	1,00	1,0934	1.300 €/a
<b>Summe der betriebsgebundenen Kosten</b>	<b>8.800 €/a</b>			<b>9.700 €/a</b>
<b>Jahresgesamtkosten netto</b>	<b>36.300 €/a</b>			<b>38.100 €/a</b>
Jahreswärmebedarf Abnehmer	122 MWh/a			122 MWh/a
<b>Wärmegestehungskosten netto</b>	<b>298 €/MWh</b>	<b>über 20 Jahre:</b>		<b>312 €/MWh</b>

Die Gesamtinvestitionen abzüglich BEW-Zuschuss belaufen sich auf rund 350.000 €. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 24.000 €/a. Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen rund 3.500 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 2,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 4.400 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich jährlich auf 8.800 bzw. 9.700 €.

Die Wärmegestehungskosten betragen aktuell 298 €/MWh (29,8 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 312 €/MWh (31,2 ct/kWh).

### 6.3.5.5 Jahresgesamtkosten dezentrale Luft-Wärmepumpen

Für die dezentrale Wärmeversorgung mit einer Luft-Wärmepumpe in jedem Wohngebäude ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten je MWh:

**Abbildung 83: Jahresgesamtkosten dezentrale Luft-Wärmepumpen**

Luftwärmepumpen dezentral je Gebäude				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067		Zins	2,50%	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs- dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Luft-Wärmepumpen+Speicher 18 EFH	450.000 €	20	0,0641	28.866 €/a
Baunebenkosten 10 %	45.000 €	30	0,0478	2.150 €/a
<b>Gesamtinvestitionen</b>	<b>495.000 €</b>			
<b>Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)</b>				<b>31.000 €/a</b>
Verbrauchsgebundene Kosten				
	aktuelle Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Arbeitspreis Strom Wärmepumpen	8.200 €/a	<b>2,50</b>	1,2557	10.300 €/a
Stromdeckung durch PV-Anlage 35 %	-2.870 €/a	<b>2,50</b>	1,2557	-3.600 €/a
<b>Summe der verbrauchsgebundenen Kosten</b>	<b>5.300 €/a</b>			<b>6.700 €/a</b>
Betriebsgebundene Kosten				
	aktuelle Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Erdsonden	0 €/a	1,00	1,0934	0 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	0 €/a	1,00	1,0934	0 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmepumpen	6.750 €/a	1,00	1,0934	7.400 €/a
Sonstige Kosten (Versicherung, Verwaltung, ...)	0 €/a	1,00	1,0934	0 €/a
<b>Summe der betriebsgebundenen Kosten</b>	<b>6.800 €/a</b>			<b>7.400 €/a</b>
<b>Jahresgesamtkosten netto</b>	<b>43.100 €/a</b>			<b>45.100 €/a</b>
Jahreswärmebedarf Abnehmer	122 MWh/a			122 MWh/a
<b>Wärmegestehungskosten netto</b>	<b>353 €/MWh</b>	<b>über 20 Jahre:</b>		<b>370 €/MWh</b>

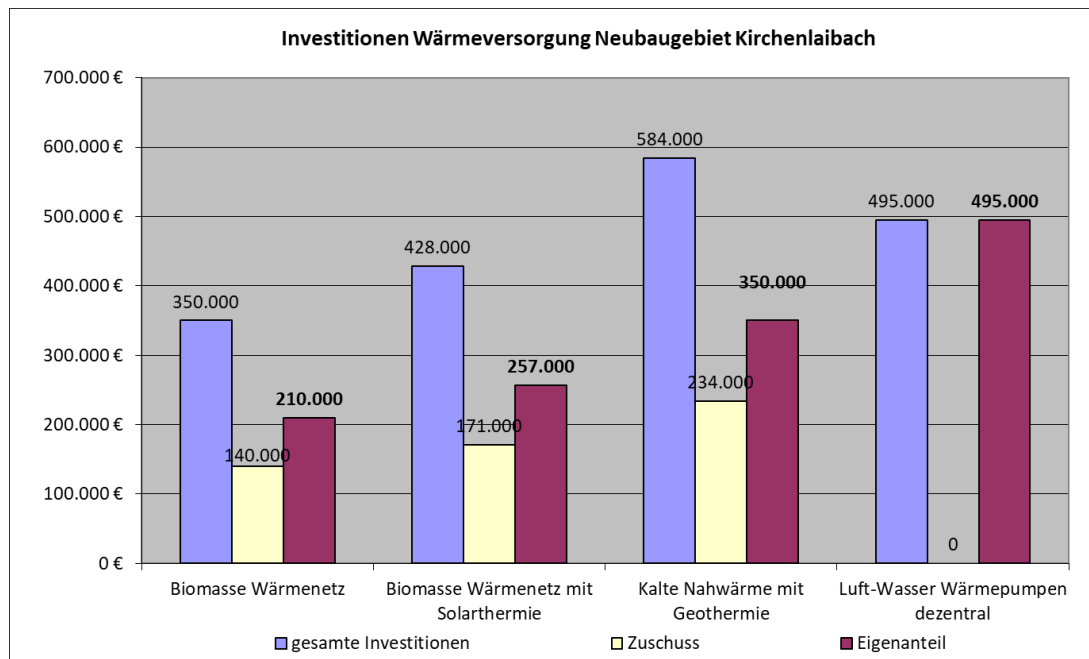
Die Gesamtinvestitionen belaufen sich auf rund 500.000 €, im Neubau ist keine Heizungsförderung möglich. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 31.000 €/a.

Für die Luft-Wärmepumpen wird eine Jahresarbeitszahl von 3,0 angenommen. Aus dem Wärmebedarf der Gebäude in Höhe von 122 MWh/a ergibt sich ein jährlicher Strombedarf von 41 MWh für die Luft-Wärmepumpen. Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen dann rund 5.300 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 2,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 6.700 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich jährlich auf 6.800 bzw. 7.400 €.

Die Wärmegestehungskosten betragen aktuell 353 €/MWh (35,3 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 370 €/MWh (37,0 ct/kWh).

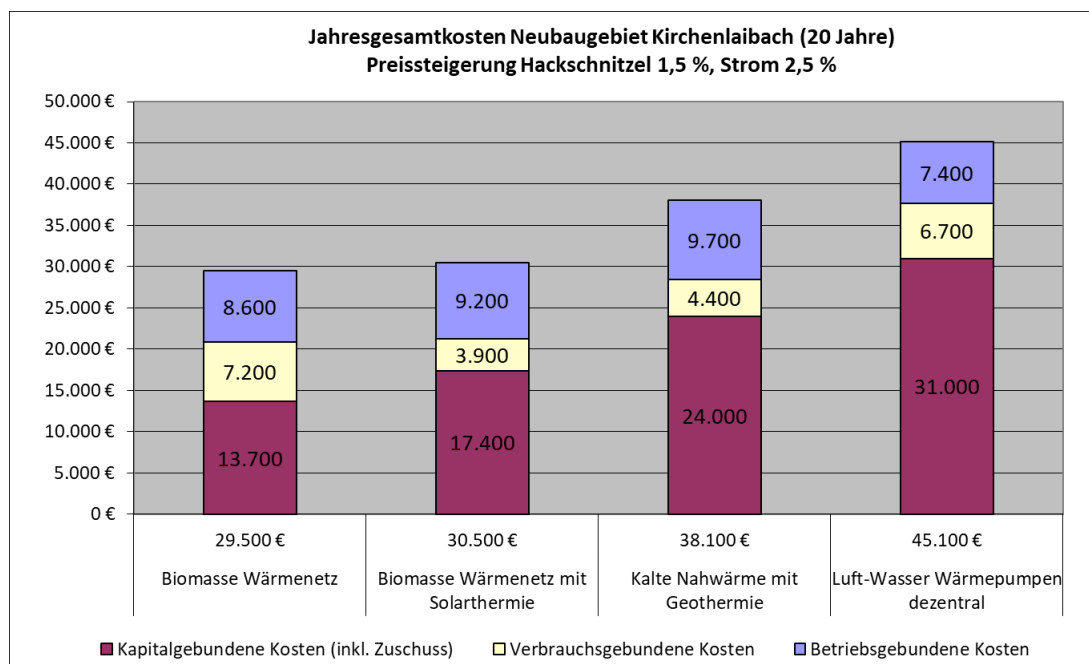
### 6.3.6 Variantenvergleich Wärmeversorgung Neubaugebiet Kirchenlaibach

**Abbildung 84: Investitionen Wärmeversorgung Neubaugebiet**

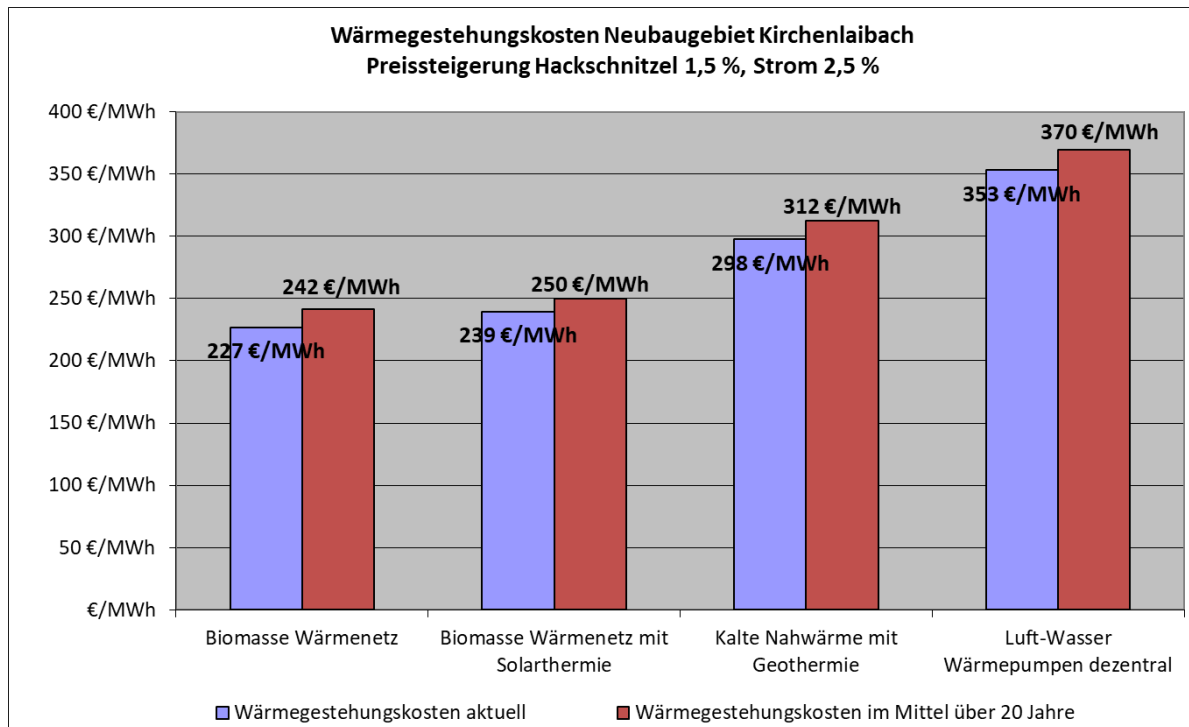


Die Investitionen abzüglich der möglichen 40-Prozent Förderung sind bei der Kalten Nahwärme um 66 % höher als bei dem Biomassevariante und um 36 % höher als bei Biomasse mit Solarthermie.

**Abbildung 85: Jahresgesamtkosten Wärmeversorgung Neubaugebiet**



Die Jahresgesamtkosten sind in der 20-Jahresbetrachtung bei der reinen Biomasse-Variante und der Variante mit Freiflächen-Solarthermie beinahe gleich hoch. Die Kalte Nahwärmeversorgung ist um 26 % teurer und die dezentrale Wärmeversorgung mit Luft-Wärmepumpen um 50 %.

**Abbildung 86: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgung Neubaugebiet**

Dementsprechend sind auch die Wärmegestehungskosten bei den Varianten mit Biomasse-Wärmeerezeugung am geringsten. Hier kann sich durch geringe Verschiebung der Kosten und/oder sonstiger Rahmenbedingungen des Ergebnis ändern.

#### Fazit:

Stehen in der Region ausreichend Hackschnitzel zur Verfügung ist eine zentrale Wärmeversorgung mit einem Biomasse-Wärmenetz aus ökonomischer und ökologischer Sicht sinnvoll.

Ist eine Fläche von rund 300 m<sup>2</sup> für die Freiflächen-Solarthermieanlage in unmittelbarer Nähe vorhanden, sollte die Wärmeversorgung hiermit ergänzt werden. Hierdurch können bis zu 45 % Hackschnitzel reduziert werden, im Sommerbetrieb kann der Hackschnitzelkessel ohne Einschränkung gewartet werden und mögliche Preiserhöhungen im Hackschnitzelmarkt werden dadurch abgedeckt.



## 6.4 Wasserstoffelektrolyse Speichersdorf

Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde eine Teiluntersuchung der lokalen Wasserstoffelektrolysepotenziale erstellt.

### 6.4.1 Grundsätzliches

Wasserstoff wird oft als der Wunderstoff zur Lösung unserer Energiewende angesehen. Tatsächlich wäre es technisch sehr einfach, unsere heutigen Verbrauchsarten zum Beispiel für die Gasheizungen und den Gasverbrauch in Gewerbe und Industrie mit grünem Wasserstoff zu versorgen. Deutschland verfügt über umfangreiche Leitungsinfrastruktur und auch Speicher für Erdgas, welche ggf. für eine Wasserstoffwirtschaft verwendet oder umgerüstet werden können. Der gerade in letzter Zeit erkennbare Unmut über zu große Umbrüche im Heizungskeller wäre einfach abzuwenden.

Die technischen Lösungen sind bekannt und es handelt sich nicht um komplizierte, unbekannte Prozesse im Entwicklungsstadium. Bereits seit Jahrzehnten ist mit der Brennstoffzelle ein prinzipiell vergleichbares Verfahren in der Anwendung.

Allerdings ist für grünen Wasserstoff die Elektrolyse von Wasser mit Strom aus erneuerbaren Energien Voraussetzung. Dieser muss in ausreichender Menge und kostengünstig zur Verfügung stehen.

Folgende Verfahren werden auf Basis der Brennstoffzellentechnologie unterschieden:

1. (Polymer-Elektrolyt Membran PEM- Elektrolyse)
2. Chlor-Alkali- Elektrolyse (derzeit 19 Anbieter).
3. Hochtemperatur-Elektrolyse, aktuell noch keine Marktverbreitung

Alle drei Verfahren führen zu hohen Anfangsinvestitionen und müssen somit durch Dauernutzung eine wirtschaftliche Betriebsweise sicherstellen. Als Eingangsstoff muss günstig erneuerbarer Strom sowie hochreines Wasser zur Verfügung stehen.

### 6.4.2 Zukünftige Entwicklungen

Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren aufgrund des erheblichen Drucks aus dem Markt und der Notwendigkeit, unsere Energieversorgung klimaneutral aufzustellen, eine massive öffentlichen Förderung realisiert wird. Diese Förderung wird einen deutlichen technologischen Fortschritt und mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Kostendegressionen und Wirkungsgradsteigerungen zur Folge haben.

Ganz entscheidend wird sein, dass in Deutschland für eine mögliche Wirtschaftlichkeit des grünen Wasserstoffs günstiger grüner Strom dauerhaft in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen wird. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass aktuell erst 50% des deutschen Stroms erneuerbar zur

Verfügung stehen und der Strombedarf in den kommenden Jahren deutlich ansteigen wird (Sektorkoppelung Mobilität und Wärme).

Ein zweiter großer Punkt sind die hohe Anfangsinvestitionen in die Elektrolyseure und der weiteren Komponenten. Daraus folgt, dass die Jahresvolllaststunden sehr hoch sein müssen, sodass sich das Gesamtsystem wirtschaftlich darstellen lässt.

Die Nutzung von zeitweise zur Verfügung stehendem Überschussstroms aus Wind um PV ist mit hoher Wahrscheinlichkeit langfristig nicht wettbewerbsfähig. Gerade im für Speichersdorf vorliegenden Fall, der auf Strom aus Windkraft und PV basiert, ist eine dauerhafte Bereitstellung für die Wirtschaftlichkeit erforderlich.

### 6.4.3 Grundsätzliches zur Anwendung in Speichersdorf

Die Ausgangslage in Speichersdorf für die Produktion, des regionalen Transports und Nutzung von grünem Wasserstoff ist grundsätzlich vorhanden. Es stehen große Freiflächen PV-Anlagen, drei Windkraftanlagen und weitere Windpotenzialgebiete zur Verfügung. Die Kombination aus Wind- und PV-Strom ist für die Wasserstoffherzeugung in Deutschland derzeit am vielversprechendsten, da sich die Erzeugungsprofile gut ergänzen und so hohe Auslastungen der Elektrolyseure versprechen. Mit einer großen Firma aus der Porzellanindustrie und einem Bahnhof der nichtelektrifizierten Bahntrasse sind zwei theoretisch mögliche H<sub>2</sub>-Kunden gegeben.

Leider konnte im Rahmen des ENP's trotz mehrmaliger Versuche keine Auskunft über die Energieverbräuche des Industriebetriebes und dessen H<sub>2</sub>-Potenziale ermittelt werden. Die Nutzung von H<sub>2</sub> bei der deutschen Bahn kann vor allem am Knotenbahnhof Kirchenlaibach angenommen werden. Hier verkehrt die Strecke zwischen Nürnberg-Marktredwitz/Bayreuth- Weiden. Diese Strecke ist nicht elektrifiziert und soll in Zukunft für eine H<sub>2</sub>-Neigetechnik ausgebaut werden. Somit muss die Infrastruktur für die H<sub>2</sub>-Versorgung zur Verfügung stehen, was auch in Speichersdorf ermöglicht werden kann. Zu berücksichtigen ist der regionale Transport des Wasserstoffs in Speichersdorf, was zu Sicherheitsaspekten in der Handhabung führt.

Um die Abfall-/Randprodukte, wie zum Beispiel Sauerstoff nutzen zu können, wird eine mögliche Positionierung der Elektrolyse in der Nähe der Kläranlage vorgesehen. Die Analyse und der Ansatz für eine Nutzbarkeit des zur Verfügung stehenden Sauerstoffs sollte in einer eigenen Studie untersucht werden.

Für die Versorgung der beiden potenziellen Kunden wird in GIS eine entsprechende H<sub>2</sub>-Leitungsführung dargestellt, siehe Plandarstellung im Anhang.

Die zentrale Frage für Deutschland und Speichersdorf ist, ob die Verfahren kostengünstig und grüner Strom regional in ausreichender Menge dauerhaft vorhanden ist, um die wirtschaftlich notwendigen hohen Volllaststunden der Anlagen erreichen zu können. Nachfolgende Grobanalyse stellt erste Zahlen zusammen.

## 6.4.4 Grundsätzliche Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Am vielversprechendsten für den in Speichersdorf vorliegenden Anwendungsfall ist die Niedertemperatur-Elektrolyseure mittels Polymer-Elektrolyt Membran (PEM- Elektrolyse) vorstellbar, die auch in der ersten Aufstellung genannt wurde. Dies hat vor allem Gründe aus der flexiblen Einsatzmöglichkeit und dem sehr guten Teillastverhalten dieser Technologie. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird auch ein Chlor-Alkali Ansatz untersucht. Hier muss aber von hohen Volllaststunden durch einen Dauerbetrieb ausgegangen werden. Auch steht bei diesem Verfahren die Produktion von Natronlauge und Chlor im Vordergrund. Die Anwendung und Nutzung dieser Stoffe ist in Speichersdorf (noch) nicht gegeben.

### 6.4.4.1 Chlor-Alkali Elektrolyse (Natronlauge und Chlor)

Nimmt man das aktuell verbreitete Verfahren als Grundlage der weiteren Überlegungen in Speichersdorf an, ergeben sich folgende Investitionsbedingungen:

- Ca. 800€/kW<sub>H<sub>2</sub></sub>
- Lebensdauer ca. 15 Jahre
- 4% der Investition für Wartung/Instandhaltung
- Ca. 50% Umwandlungsverluste von kW<sub>el</sub> zu kW<sub>H<sub>2</sub></sub>

Dies bedeutet, dass jede zweite erneuerbare Kilowattstunde durch die Umwandlung in H<sub>2</sub> verloren geht. Für die Anfangsinvestition in ein Megawatt (1MW) Elektrolyseur muss ca. ca. 800.000€ angesetzt werden. Allerdings ist noch zu prüfen, ob diese Anlagen kommerziell zur Verfügung stehen. Dies führt bei einem Kalkulationszins von aktuell ca. 6% und einer Nutzungsdauer der Anlage von 15 Jahren zu jährlichen investitionsabhängigen Kosten in Höhe von 114.370€. Diese Kosten und die Stromkosten ergeben zusammen die Ausgangslage für die Produktion des grünen Wasserstoffs. Bei aktuellen Produktionskosten von ca. 0,08€/kWh Wind- und PV-Stroms und dem Umwandlungsverlust in Höhe von 50% ergeben sich aus dem Einsatz des Stroms Produktionskosten in Höhe von 0,016€/kWh H<sub>2</sub>. Diese 0,016€/kWh H<sub>2</sub> werden nun mit den investitionsabhängigen Kosten der Anlage in Beziehung gesetzt. Entscheidend ist, wie intensiv die Anlage genutzt werden kann. Dies wird in den Volllaststunden angegeben. Sie drücken aus, wie viele Stunden im Jahr die 1MW-Anlage unter Volllast arbeiten kann und ausreichend erneuerbarer Strom zur Verfügung steht. Da nicht genau ermittelt werden kann, welche Volllaststunden realistisch sind, würden mehrere Berechnungen durchgeführt. Als Minimum wurden 1.000 Stunden angesetzt, der Maximalwert liegt bei 6.000 h.

In nachfolgender Tabelle werden mehrere Volllaststunden angesetzt:

**Tabelle 12: Kosten Chlor-Alkali Elektrolyse**

***H<sub>2</sub> Produktion***

<i>Kosten aus EE in €/kWh</i>	0,16	0,16	0,16	0,16
<i>Volllaststunden Elektrolyseur</i>	1.000	2.000	4.000	6.000
<i>Kosten Elektrolyseur in €/kWh</i>	0,114	0,057	0,028	0,021
<i>Gesamtkosten EE und Elektrolyseur</i>	0,274	0,217	0,188	0,181

Allerdings hat dieses Verfahren vor Allem die Produktion von Natronlauge und Chlor im Fokus und ist aufgrund verschiedener nicht optimaler Betriebsparameter für die H<sub>2</sub>-Produktion in Speichersdorf aktuell ungeeignet. Des Weiteren müsste beachtet werden, dass diese Produkte verkauft werden und die Kosten obiger Darstellung reduzieren würden.

#### **6.4.4.2 Polymer-Elektrolyt Membran**

Technologisch am aussichtsreichsten für eine Anwendung unter den gegebenen Rahmenbedingungen in Speichersdorf erscheint die Polymer-Elektrolyt Membran (PEM)-Elektrolyse. Dies liegt an der Flexibilität und dem guten Teillastverhalten der Technologie. „Auf diese Weise kann die Wasserstoffherzeugung der volatilen Erzeugung von Wind und PV ideal folgen. Allerdings sind die wirtschaftlichen Randbedingungen zum Teil ungünstiger als bei der bereits beschriebenen Chlor Alkali-Verfahren. So ist vor allem die Anfangsinvestition deutlich höher.

Folgende Daten können für die Wirtschaftlichkeit angenommen werden:

- Ca. 2.200€/kW<sub>H<sub>2</sub></sub>
- Lebensdauer ca. 20 Jahre
- 4% der Investition für Wartung/Instandhaltung
- Ca. 40% Umwandlungsverluste von kW<sub>el</sub> zu kW<sub>H<sub>2</sub></sub>

Für die Investition in ein Megawatt Elektrolyseur bei der PEM-Technologie folgen ca. 2.200.000€ an Erstinvestition. Dies führt bei einem Kalkulationszins von aktuell ca. 6% und einer Nutzungsdauer der Anlage von 20 Jahren nach der Annuitätenrechnung der VDI 2067 zu jährlichen investitionsabhängigen Kosten in Höhe von 184.286€. Für die Stromkosten der Hilfsprozesse werden 1.500€ pro Jahr angesetzt, können aber aufgrund der übrigen Kosten als untergeordnet bezeichnet werden. Für die

jährliche Wartung und Instandhaltung werden in den 20 Jahren Nutzungszeit vier Prozent der Anfangsinvestition angesetzt. Diese werden preisdynamisch einer Kostensteigerung in Höhe von 2% pro Jahr unterzogen. Zusammenfassend ergibt sich folgende Vollkostenrechnung:

**Tabelle 13: Vollkosten der PEM-Elektrolyse**

<b>Vollkosten der H<sub>2</sub>-Bereitstellung durch PEM-Elektrolyseur</b>					
				<b>Kalkulationszins</b>	<b>6,00%</b>
Jährliche Kosten nach VDI 2067, Zinssatz 6%, Preissteigerung Strom und W/I 2%/a, netto					
Kapitalgebundene Kosten					
	Investition €	Nutzungs- dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Jährliche Annuität €/a	
Elektrolyseur PEM Verfahren inkl. weiterer Anlagekomponenten	2.200.000	20	0,0872	191.806	
<b>Gesamtinvestition</b>	<b>2.200.000</b>				
<b>Summe der kapitalgebundenen Kosten, gerundet</b>				<b>191.810</b>	
Verbrauchsgebundene Kosten					
	aktuelle Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Jährliche Annuität €/a	
Stromverbrauch	1.500	2,00	1,2023	1.800	
<b>Summe der verbrauchsgebundenen Kosten</b>				<b>1.800</b>	
Betriebsgebundene Kosten					
	aktuelle Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Jährliche Annuität €/a	
Elektrolyseur Wartung/Instandhaltung 4% der Investition	88.000	2,00	1,2023	105.800	
<b>Summe der betriebsgebundenen Kosten</b>				<b>105.800</b>	
<b>Jahresgesamtkosten, gerundet (€/a)</b>		<b>281.310</b>		<b>299.400</b>	

Die Berechnung zeigt, dass die Produktionskosten der Anlage bei 299.400€ pro Jahr liegen, wenn der preisdynamische Kostenanstieg für 20 Jahre herangezogen wird. Dieser Wert ist für die weitere Kostenberechnung anzusetzen. Neben diesen Fixkosten der Anlage sind die Kosten der elektrischen Energie für die Elektrolyse heranzuziehen. Bei aktuellen Produktionskosten von ca. 0,08€/kWh Wind- und PV-Stroms und dem Wirkungsgrad in Höhe von 60% ergeben sich aus dem Einsatz des Stroms Produktionskosten in Höhe von 0,133€/kWh H<sub>2</sub>. Diese 0,133€/kWh H<sub>2</sub> werden nun mit den Anlagenkosten in Beziehung gesetzt. Entscheidend ist, wie intensiv die Anlage genutzt werden kann. Dies wird in den Volllaststunden angegeben. Sie drücken aus, wie viele Stunden im Jahr die 1MW-Anlage unter Volllast arbeiten kann und ausreichend erneuerbarer Strom zur Verfügung steht. Da nicht genau ermittelt werden kann, welche Volllaststunden realistisch sind, würden mehrere Berechnungen durchgeführt. Als Minimum wurden 1.000 Stunden angesetzt, der Maximalwert liegt bei 6.000 h. Als Maximalwert wäre theoretisch die Gesamtstundenzahl eines Jahres mit 8.760 Stunden anzusetzen.

In nachfolgender Tabelle werden die Volllaststunden und die daraus ermittelten Kosten verglichen:

**Tabelle 14: Kosten PEM Elektrolyse**

***H<sub>2</sub> Produktion***

<i>Kosten aus EE in €/kWh</i>	0,133	0,133	0,133	0,133
<i>Kosten der Anlage in €</i>	299.400	299.400	299.400	299.400
<i>Volllaststunden Elektrolyseur</i>	1.000	2.000	4.000	6.000
<i>Kosten Elektrolyseur in €/kWh</i>	0,299	0,1497	0,0748	0,0499
<i>Gesamtkosten EE und Elektrolyseur PEM</i>	0,423	0,283	0,208	0,183

#### 6.4.5 Analyse der PV- und Winderzeugung in Speichersdorf

Für die Produktion des H<sub>2</sub> in Speichersdorf ist die zur Verfügung Stellung von ausreichend erneuerbarem Stroms Voraussetzung. Dazu können die in Speichersdorf vorhandenen Dach-PV-Anlagen nicht herangezogen werden, da ihre Eigentümer den Strom in erster Linie direkt im Haushalt nutzen.

Idealerweise werden die acht PV-Freiflächenanlagen und die drei bestehenden Windkraftanlagen herangezogen. Ein weiterer Ausbau der Windkraft wird trotz vorhandener Potenzialgebiete nicht angenommen. Für die Analyse ist der Vergleich von Stundenwerten erforderlich, um die Laufzeit des Elektrolyseurs erkennen zu können. Diese Werte sind in dieser Grobstudie nicht ermittelt worden, sollten aber vor einer Investitionsentscheidung untersucht werden. Die Berechnung wurde mit den Monatswerten der PV- und Windstrommengen ermittelt und mit den in dem Elektrolyseur benötigten Energiemenge verglichen.

Folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Gegenüberstellung:

**Tabelle 15: Monatsbetrachtung PV- und Windstrom und Bedarf**

Monate	PV Energie Speichersdorf	Wind Energie Speichersdorf	Summe PV und Wind	Bedarf an EE Strom bei Volllast
	in MWh	in MWh	MWh/Monat	MWh/Monat
Januar	492,8	1.040,5	1.533	1.488
Februar	1.128,6	1.423,1	2.552	1.344
März	2.778,2	543,2	3.321	1.488
April	2.850,7	763,5	3.614	1.440
Mai	3.721,4	516,5	4.238	1.488
Juni	3.989,0	353,2	4.342	1.440
Juli	3.989,0	441,5	4.430	1.488
August	3.682,5	281,8	3.964	1.488
September	2.432,3	495,6	2.928	1.440
Oktober	1.799,9	688,1	2.488	1.488
November	861,0	807,7	1.669	1.440
Dezember	331,8	747,2	1.079	1.488
	28.057,20	8.101,84	36.159	17.520

Im Januar reicht die bereitgestellte Energiemenge nur knapp, im Dezember ist sie zu gering. Daher sind diese Monate rot dargestellt. Da die PV nachts keine Energie bereitstellen kann, sind in der obigen Tabelle auch diejenigen Monate markiert (hellrot), in denen die die Windkraft den Bedarf nicht alleine decken kann. Von einem durchgehenden Dauerbetrieb der 1MW-Anlage kann daher nicht ausgegangen werden. In einer ersten Schätzung wird von 4.000 Volllaststunden ausgegangen, evtl. maximal 6.000 Volllaststunden. Somit kann ein Produktionspreis von H<sub>2</sub> in Höhe von 20,8 Cent pro Kilowattstunde angenommen werden. Im optimalen Fall bei 6.000 Volllaststunden würde dies noch auf 18,3 Cent pro Kilowattstunde fallen. Dies sind die reinen Produktionskosten. Steuern, Abgaben, Kosten für Speicherung und Transport müssten noch eingerechnet werden. Dies führt aktuell noch zu höheren Kosten als bei fossilem Erdgas. Inwieweit die ökologische Komponente von grünem Wasserstoff bei dem Industriekunden und der Bahn den Ausschlag gibt, müsste im Detail geprüft werden.

## 7 Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte Gemeinde Speichersdorf	8
Abbildung 2: Einwohnerentwicklung 2010 bis 2020	9
Abbildung 3: Flächennutzung	10
Abbildung 4: Gebäudenutzung Hauptort	11
Abbildung 5: Gebäudenutzung Gemeindeteile	12
Abbildung 6: Heizwärmebedarf für Wohngebäude nach Ausführungsstandard	13
Abbildung 7: Altersstruktur des Wohnraums	14
Abbildung 8: Entwicklung Wohnfläche und Heizwärmebedarf	15
Abbildung 9: Entwicklung Endenergiebedarf Wohngebäude	15
Abbildung 10: Erdgasverbrauch Speichersdorf	16
Abbildung 11: Geförderte Biomasseanlagen	16
Abbildung 12: Installierte Solarthermieanlagen	17
Abbildung 13: Geförderte Biomasseanlagen	18
Abbildung 14: Geförderte Wärmepumpen	19
Abbildung 15: Aufteilung Wärmebedarf nach Verbrauchern gesamtes Gemeindegebiet	20
Abbildung 16: Aufteilung Wärmebereitstellung nach Energieträgern und THG-Emissionen	20
Abbildung 17: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Trend 2045	22
Abbildung 18: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Klimaschutz 2045	22
Abbildung 19: Reduktionspotenzial gesamter Wärmebedarf	23
Abbildung 20: Jahreswärmebedarf je Gebäude Hauptort	24
Abbildung 21: Jahreswärmebedarf je Gebäude Gemeindeteile	25
Abbildung 22: Gebäudebestand Wärmekataster Hauptort	26
Abbildung 23: Gebäudebestand Wärmekataster Gemeindeteile	27
Abbildung 24: Trend-Szenario Wärmekataster Hauptort	28
Abbildung 25: Trend-Szenario Wärmekataster Gemeindeteile	29
Abbildung 26: Klimaschutz-Szenario Wärmekataster Hauptort	30
Abbildung 27: Klimaschutz-Szenario Wärmekataster Gemeindeteile	31
Abbildung 28: Stromverbrauch Speichersdorf	32
Abbildung 29: Stromverbrauch nach Sektoren	32
Abbildung 30: Erneuerbare Stromerzeugungsanlagen Bestand	33
Abbildung 31: Photovoltaikanlagen gesamt	34
Abbildung 32: PV-Dachanlagen	34
Abbildung 33: PV-Freiflächenanlagen	35
Abbildung 34: Windkraftanlagen	35
Abbildung 35: Biomasse KWK-Anlagen	36
Abbildung 36: Biomasse KWK-Anlagen	36
Abbildung 37: Stromverbrauch und Stromerzeugungspotenzial in Speichersdorf	37
Abbildung 38: Ausbaupotenzial PV-Freifläche	39
Abbildung 39: Luftbild Grund- und Mittelschule	41
Abbildung 40: Planung Holzbinder	42
Abbildung 41: Schulzentrum Wärmeverbrauch witterungsbereinigt	43
Abbildung 42: Schulzentrum Wärmeverbrauch witterungsbereinigt	44



Abbildung 43: Haupteingang Grundschule Ansicht Nord	45
Abbildung 44: Ansicht Nord Halle West	45
Abbildung 45: Ansicht Süd Grundschule	46
Abbildung 46: Ansicht Süd Grundschule	46
Abbildung 47: Ansicht Süd Verbindungsgang zur Mittelschule	47
Abbildung 48: Ansicht Süd Verbindungsgang zur Mittelschule	47
Abbildung 49: Ansicht Süd-Ost Grundschule	48
Abbildung 50: Detailansicht Kunststofffenster	48
Abbildung 51: Ansicht Nord Festhalle	49
Abbildung 52: Innenansicht Festhalle	49
Abbildung 53: Innenansicht Pausenhalle	50
Abbildung 54: Innenansicht Grundschule	50
Abbildung 55: Heizkörper Mittelschule	51
Abbildung 56: Wärmeerzeuger	53
Abbildung 57: Alter Heizraum	53
Abbildung 58: Verteilerraum Wärmemengenzähler	54
Abbildung 59: Heizungsregelung	54
Abbildung 60: Haupt- Heizkreisverteilung	55
Abbildung 61: Unterverteilung	55
Abbildung 62: Heizkörper 1	56
Abbildung 63: Deckenheizung	56
Abbildung 64: Warmwasser-Durchlauferhitzer	57
Abbildung 65: Klassenzimmer mit Leuchtstoffröhren	58
Abbildung 66: 3D-Simulation Ist-Zustand	61
Abbildung 67: 3D-Simulation Abriss Festhalle	61
Abbildung 68: 3D-Simulation Abriss Wohnhaus	63
Abbildung 69: 3D-Simulation Abriss Halle West	63
Abbildung 70: Einsparpotenzial Einzelmaßnahmen Gebäudehülle	64
Abbildung 71: Einsparpotenzial Energieverbrauch Effizienzgebäude 70	70
Abbildung 72: Investitionen, Zuschuss, Mehrkosten Effizienzgebäude 70	70
Abbildung 73: Bebauungsplan Neubaugebiet Kirchenlaibach	74
Abbildung 74: Entwurf Neubaugebiet Kirchenlaibach mit Wärmenetz	75
Abbildung 75: Jahresdauerlinie Netzlast	76
Abbildung 76: Deckungsanteil Freiflächen-Solarthermie	77
Abbildung 77: Systematik Kalte Nahwärme	78
Abbildung 78: Nutzung Oberflächennahe Geothermie Speichersdorf	79
Abbildung 79: Nötiges Kollektorfeld Oberflächennahe Geothermie	80
Abbildung 80: Jahresgesamtkosten Biomasse Hackschnitzelzentrale	83
Abbildung 81: Jahresgesamtkosten Biomasse Hackschnitzelzentrale mit Freiflächen-Solarthermie	84
Abbildung 82: Jahresgesamtkosten Kalte Nahwärme mit Geothermie	85
Abbildung 83: Jahresgesamtkosten dezentrale Luft-Wärmepumpen	86
Abbildung 84: Investitionen Wärmeversorgung Neubaugebiet	87
Abbildung 85: Jahresgesamtkosten Wärmeversorgung Neubaugebiet	87
Abbildung 86: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgung Neubaugebiet	88

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausbaupotenzial PV-Freifläche .....	40
Tabelle 2: Maßnahmen Gebäudehülle Einzelmaßnahmen und energetische Bewertung .....	66
Tabelle 3: Einzelmaßnahmen Investitionen .....	67
Tabelle 4: Einzelmaßnahmen Energie- und Kosteneinsparung.....	68
Tabelle 5: Nachweis Effizienzgebäude .....	69
Tabelle 6: Effizienzgebäude 70 Investitionen.....	71
Tabelle 7: Effizienzgebäude 70 Energie- und Kosteneinsparung .....	72
Tabelle 8: Wohnflächenermittlung Neubaugebiet Kirchenlaibach .....	74
Tabelle 9: Wärmebelegungsichte Neubaugebiet Kirchenlaibach .....	75
Tabelle 10: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Netzverluste.....	76
Tabelle 11: Dimensionierung Kalte Nahwärme.....	80
Tabelle 12: Kosten Chlor-Alkali Elektrolyse .....	92
Tabelle 13: Vollkosten der PEM-Elektrolyse .....	93
Tabelle 14: Kosten PEM Elektrolyse .....	94
Tabelle 15: Monatsbetrachtung PV- und Windstrom und Bedarf .....	95

### 7.3 Abkürzungen

AG	Aktiengesellschaft
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEV	Elektroauto mit Batterie
BGF	Bruttogeschossfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> in t /a	Kohlenstoffdioxidemissionen in Tonnen pro Jahr
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnEV Neubaustandard	Festlegung des maximal zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs $Q_p$ und der Transmissionswärmeverluste $H_t$ für einen Neubau gem. EnEV
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
HKW	Heizkraftwerk
H <sub>o</sub>	oberer Heizwert
H <sub>t</sub>	Transmissionswärmeverluste nach EnEV
H <sub>u</sub>	unterer Heizwert
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KEM	Kommunales Energiemanagement
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KfW 100 (Sanierung)	Nach Förderrichtlinien der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): Jahresprimärenergiebedarf darf max. 100% des EnEV Neubaustandards erreichen und die Transmissionswärmeverluste maximal 115%.
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
LfU	Landesamt für Umwelt

NF	Nutzfläche
NGF	Nettogrundfläche
PEV	Primärenergieverbrauch
PHEV	Plug-in Hybriden
PV	Photovoltaik
Q <sub>p</sub>	Jahresprimärenergiebedarf nach EnEV
RLT-Anlage	Raumluftechnische Anlage
S <sub>rm</sub>	Schüttraummeter
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
UBA	Umweltbundesamt
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
WRG	Wärmerückgewinnung
WSVO	Wärmeschutzverordnung
wb	witterungsbereinigt, Witterungsbereinigung
WP	Wärmepumpe
WW	Warmwasser

## 7.4 Einheiten

°C	Grad Celsius
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
ha	Hektar
kg	Kilogramm
kg/kWh <sub>el</sub>	Kilogramm pro Kilowattstunde elektrisch
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh <sub>el</sub>	Kilowattstunde elektrisch
kWh <sub>th</sub>	Kilowattstunde thermisch
kW <sub>Peak</sub>	Kilowattpeak: Maßeinheit für die genormte Leistung (Nennleistung) einer Solarzelle.
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom in Kubikmeter pro Stunde
mWs	Meter Wassersäule
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
MWh <sub>el</sub>	Megawattstunden elektrisch
MWh <sub>th</sub>	Megawattstunden thermisch
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
Pkm	Personenkilometer
t	Tonne

## 7.5 Pläne

Gemeindegebiet Flächennutzung

Gebäudebestand – Nutzung nach digitaler Flurkarte

Gebäudebestand – Jahreswärmebedarf nach Kennwerten

Wärmekataster - Bestand

Wärmekataster – Sanierung Trend-Szenario

Wärmekataster – Sanierung Klimaschutz-Szenario

Erneuerbare Energieerzeugungsanlagen Bestand

Freiflächen-PV Ausbaupotenzial

Potenzial Wasserstoffelektrolyse