Energienutzungsplan

für den

Markt Pretzfeld

ENERGIEAGENTUR
nordbayern

Diese Studie wurde erstellt von:

Alexander Schrammek

Markus Weihermüller

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

Beauftragt durch den Markt Pretzfeld

Bearbeitungszeitraum:

Juni 2021 bis Februar 2022

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **3**
1 Ausgangslage **6**
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
2 Energiebilanz Wärme **11**
2.1 Gebäudenutzung 11
2.2 Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung 12
2.2.1 Solarthermie 13
2.2.2 Biomasse (Holz) 14
2.2.3 Wärmepumpen, Oberflächennahe Geothermie 15
2.2.4 Gesamte regenerative Wärmeerzeugung 17
2.3 Wohngebäude 18
2.3.1 Wohngebäude / Heizwärme- und Endenergiebedarf 19
2.3.2 Wohngebäude Sanierungspotenzial 21
2.4 Gesamter Wärmebedarf und Reduktionspotenzial 2045 24
2.5 Gebäudescharfer Wärmebedarf / Wärmekataster 26
2.5.1 Gebäudebestand Jahreswärmebedarf je Gebäude 26
2.5.2 Gebäudebestand Wärmekataster 28
2.5.3 Referenzszenario Wärmekataster 30
2.5.4 Effizienzszenario Wärmekataster 32
3 Maßnahmen **34**
3.1 Benchmark kommunale Liegenschaften 34
3.1.1 Chancen Kommunales Energiemanagement (KEM) 41
3.2 Schulareal 42
3.2.1 Bewertung Bestandsgebäude 43
3.2.1.1 Gebäudehülle 44
3.2.1.2 Heizungstechnik/Warmwassererzeugung 47
3.2.1.3 Luftheizung Sporthalle 51
3.2.1.4 Beleuchtung 53
3.2.2 Sanierungskonzept Schulzentrum 55
3.2.2.1 Fördermöglichkeiten 55
3.2.2.2 Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle und Beleuchtung 56
3.2.2.3 Sanierung Einzelmaßnahme Wärmeerzeugung 60
3.2.2.4 Sanierung zum Effizienzgebäude 100 mit Hackschnitzelzentrale 66
3.3 PV-Anlagen Pumpwerke 73
3.3.1 Vorbemerkungen 73
3.3.1.1 Photovoltaik 73
3.3.1.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 74
3.3.1.3 Abregelung am Einspeisepunkt 75

3.3.1.4 Wandlermessung 75
3.3.1.5 Salzwasserspeicher 76
3.3.1.6 Grundlegende Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 77
3.3.2 PV-Potenzialanalyse Pumpwerk Altreuth 78
3.3.2.1 Verbrauchserfassung 78
3.3.2.2 Variante 1: Dachanlage 14 kWp 79
3.3.2.3 Variante 2: Dachanlage 14 kWp mit Stromspeicher 10 kWh 82
3.3.2.5 Variantenvergleich 84
3.3.3 PV-Potenzialanalyse Abwasserpumpwerk Pretzfeld 87
3.3.3.1 Verbrauchserfassung 87
3.3.3.2 Variante 1: Freiflächenanlage 28 kWp 88
3.3.3.3 Variante 2: Freiflächenanlage 28 kWp mit Stromspeicher 15 kWh91
3.3.3.5 Variantenvergleich 93
3.4 Wärmenetz Wannbach 96
3.4.1 Bürgerbefragung und Datenerhebung 96
3.4.2 Konzept Wärmenetz 97
3.4.3 Auslegung und Wirtschaftlichkeit 99
3.4.3.1 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 99
3.4.3.2 Auslegung und Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach Teilbereiche a+b 100
3.4.3.3 Auslegung und Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach Teilbereich a 103
3.4.4 Variantenvergleich Wärmenetz Wannbach 106
4 Anhang 108
4.1 Abbildungsverzeichnis 108
4.2 Tabellenverzeichnis 111
4.3 Abkürzungen 112
4.4 Einheiten 114
4.5 Pläne 115

1 Ausgangslage

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Der Gemeinderat des Marktes Pretzfeld 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 werden kommunale Liegenschaften untersucht und ein KEM-Konzept zur energetischen Optimierung erstellt. Für das Rathausareal und das Gebiet rund um die Mittelschule werden zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte untersucht. Des Weiteren wird eine Potenzialanalyse zur energetischen Optimierung der Straßenbeleuchtung und ein Elektromobilitätskonzept erarbeitet.

1.2 Energiewende: Jetzt oder nie.

Die Diskussion um Klimaschutz und Energiewende in Deutschland trägt bisweilen groteske Züge. Mit Logik kommt man diesem Phänomen nicht immer bei. Das betrifft nicht nur die kruden „Argumente“ der Klimawandel-Leugner, die die eindeutigen Ergebnisse der Wissenschaft ignorieren und deshalb noch verhältnismäßig schnell zu entlarven sind. Manche Beiträge kommen leider etwas subtiler daher und verleiten auch den ein oder anderen überzeugten Klimaschützer erst einmal zur Zustimmung. In diese Kategorie fällt zum Beispiel der schöne Satz: „Energie muss bezahlbar bleiben!“ Die Feststellung an sich ist eine Binse, denn unbezahlbare Energie ist in etwa so erstrebenswert wie ein Leben in der Höhle oder ein Bungeesprung ohne Seil. Niemand will das. Doch es wird suggeriert, dass eine schnelle und engagierte Energiewende unweigerlich dazu führt, dass die Preise für Energie ins Unermessliche steigen. Und deshalb, sagen die Mahner, darf es nicht zu schnell gehen.

Doch nicht nur diese Schlussfolgerung ist falsch, sondern schon das zugrunde liegende Märchen von der „teuren erneuerbaren Energie“. Denn die Fakten sprechen eine andere Sprache:

Die Erzeugungskosten für Strom aus Photovoltaikmodulen sind in Deutschland teilweise schon unter 5 Euro-Cent pro Kilowattstunde gesunken. In sonnigen Wüstenregionen sind es bereits 2 Cent und weniger. Strom aus Windkraft liegt noch etwas darüber, arbeitet sich aber auch langsam in diese Bereiche vor. Solarkollektor-Felder liefern auch in Deutschland schon Wärmeenergie für 2 Cent pro Kilowattstunde. Wer sein Elektrofahrzeug mit Strom aus seiner eigenen PV-Anlage lädt, senkt seine „Spritkosten“ auf 1,50 Euro pro 100 Kilometer. Was an alledem ist teuer?

Doch der eigentliche Vorteil der erneuerbaren Energie liegt nicht in ihrem Preis, sondern in einer schnellen und spürbaren Reduktion des CO_2-Ausstoßes. Nirgends ist der Hebel für wirksamen Klimaschutz größer als im Energiesektor. Die Überhitzung unseres Planeten zwingt uns zum Handeln. Die gute Nachricht lautet: Der schnelle Ausstieg aus der fossilen Energiewirtschaft ist zu schaffen! Durch die beherzte Umsetzung der Energiewende vor Ort können wir tatsächlich etwas bewegen. Die Umstellung der Rathaus-Heizung auf Biomasse, die PV-Anlage zur Eigenstromerzeugung auf dem Schuldach, der Bau eines Nahwärmenetzes für einen ganzen Ortsteil: All diese Maßnahmen sorgen dafür, dass die Treibhausgas-Emissionen vor Ort erheblich zurückgehen.

Dass man dabei auch noch Geld spart, ist weit mehr als ein angenehmer Nebeneffekt. In der Umstellung auf erneuerbare, vor Ort gewonnene Energie, steckt auch eine der größten wirtschaftlichen Chancen für den ländlichen Raum. Hier kann Energie erzeugt werden, hier sind Flächen und Potenziale vorhanden, hier kann Wertschöpfung stattfinden und der Abfluss von Millionenbeträgen für den Einkauf fossiler Energieträger verhindert werden. Das Geld bleibt in der Region, und zwar nicht einmal, sondern immer wieder, Jahr für Jahr für Jahr.

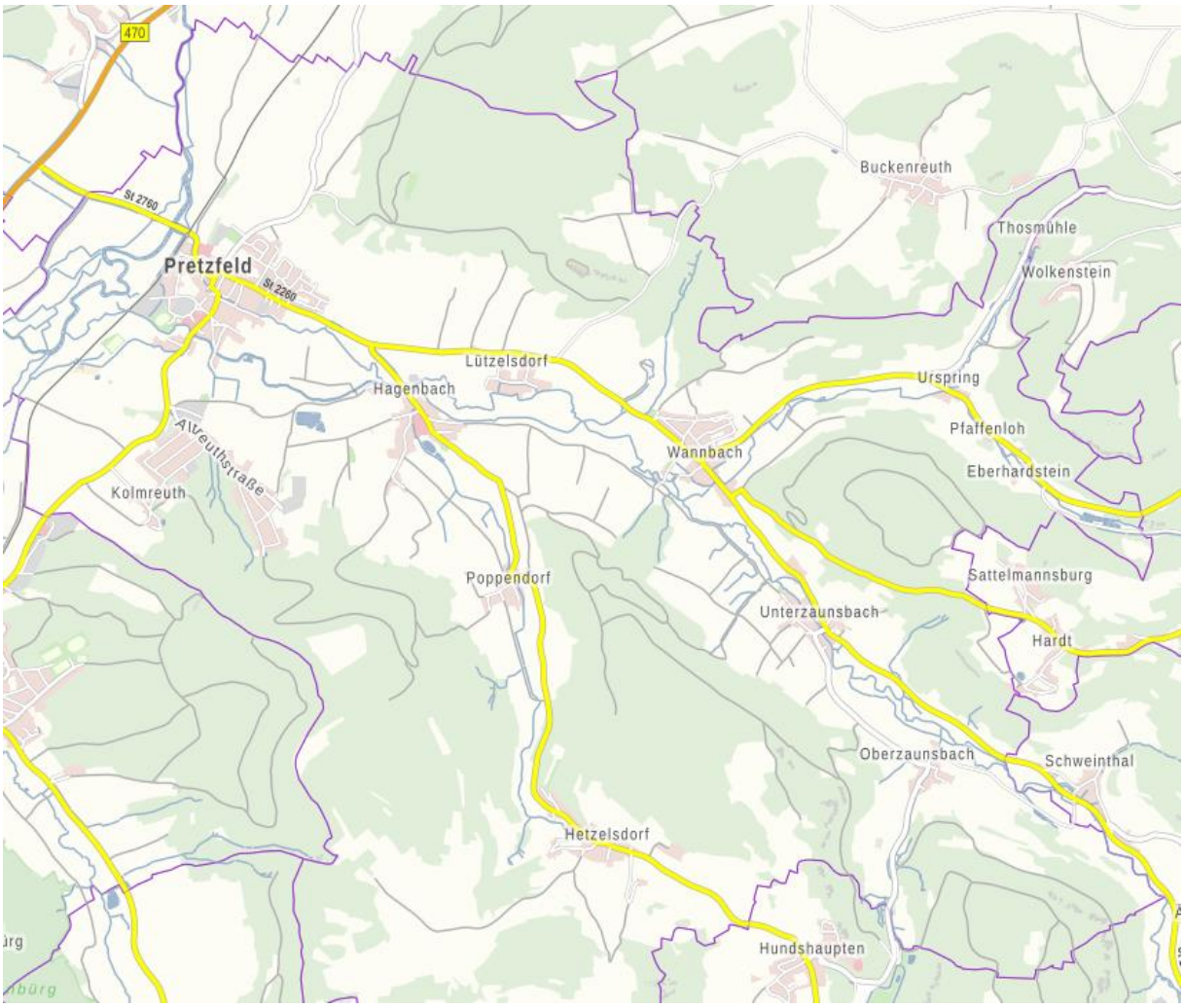
Trotzdem wird die Energiewende selbst 2021 noch von einigen Zeitgenossen als Spielwiese für weltfremde Öko-Spinner oder Panikreaktion besorgter Freitags-Demonstranten abgetan. Sie irren sich gewaltig. Hermann Scheer, der 2010 viel zu früh verstorbene Vordenker der Erneuerbaren, wurde nie müde, die historische Dimension dieses Wandels herauszuarbeiten. „Der Umstieg auf kostenlose Primärenergie aus erneuerbaren Quellen steht historisch an“, konstatierte Scheer immer wieder trocken. Der Wandel wird also kommen, ob wir wollen oder nicht. Aber nur, wenn er schnell genug kommt, wird es uns gelingen, den Temperaturanstieg auf unserem Planeten auf ein erträgliches Maß zu begrenzen. Deshalb ist eine engagierte Energiewende vor Ort die beste Antwort, die wir auf die Klimakrise geben können.

1.3 Rahmendaten

1.3.1 Beschreibung des Gebiets

Der Markt Pretzfeld liegt im bayerischen Regierungsbezirk Oberfranken und gehört zum Landkreis Forchheim. Der Landkreis, sowie dessen Gemeinden gehört zur Metropolregion Nürnberg.

Abbildung 1: Übersichtskarte Markt Pretzfeld



Quelle: BayernAtlas

Ausgehend von der Bundesstraße 470 führt die Staatsstraße 2760 von Nordwest nach Südost durch das Gemeindegebiet. Die Marktgemeinde hat einen Haltepunkt an der Bahnstrecke Forchheim–Behringersmühle.

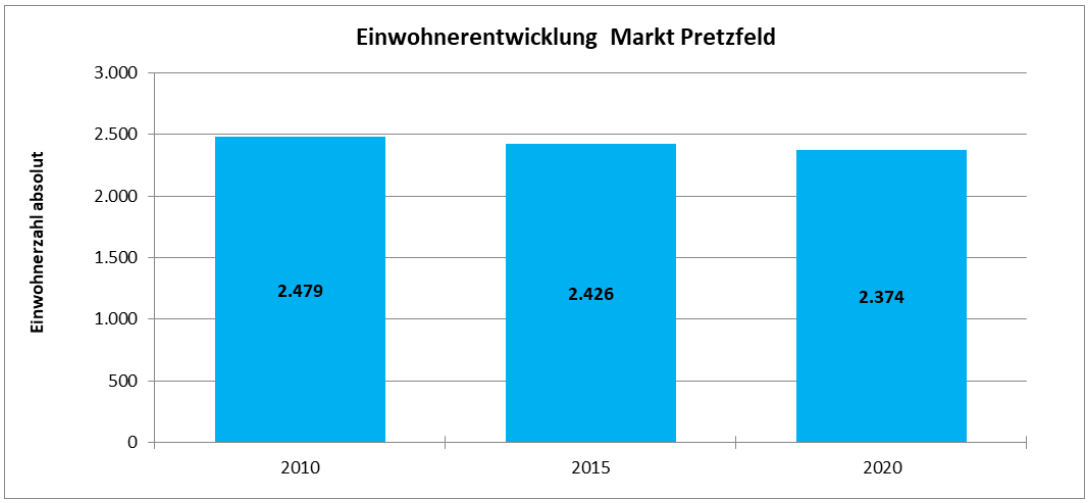
Die Trubach fließt von Südost nach Nordwest durch das Gemeindegebiet und mündet bei Pretzfeld in die Wiesent. Die Marktgemeinde hat 13 benannte Gemeindeteile:

Altreuth, Eberhardstein, Hagenbach, Hetzelsdorf, Kolmreuth, Lützelsdorf, Oberzaunsbach, Pfaffenloh, Poppendorf, Pretzfeld, Unterzaunsbach, Urspring, Wannbach.

1.3.2 Demographie und demographische Entwicklung

Zum 31.12.2020 hatte Markt Pretzfeld 2.374 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte beträgt ca. 98 Einwohner pro Quadratkilometer und liegt somit unter dem Durchschnitt des Landkreises Forchheim mit 181 EW/km² aber über dem bayerischen Mittel von 186 EW/km².

Abbildung 2: Einwohnerentwicklung 2010 bis 2020



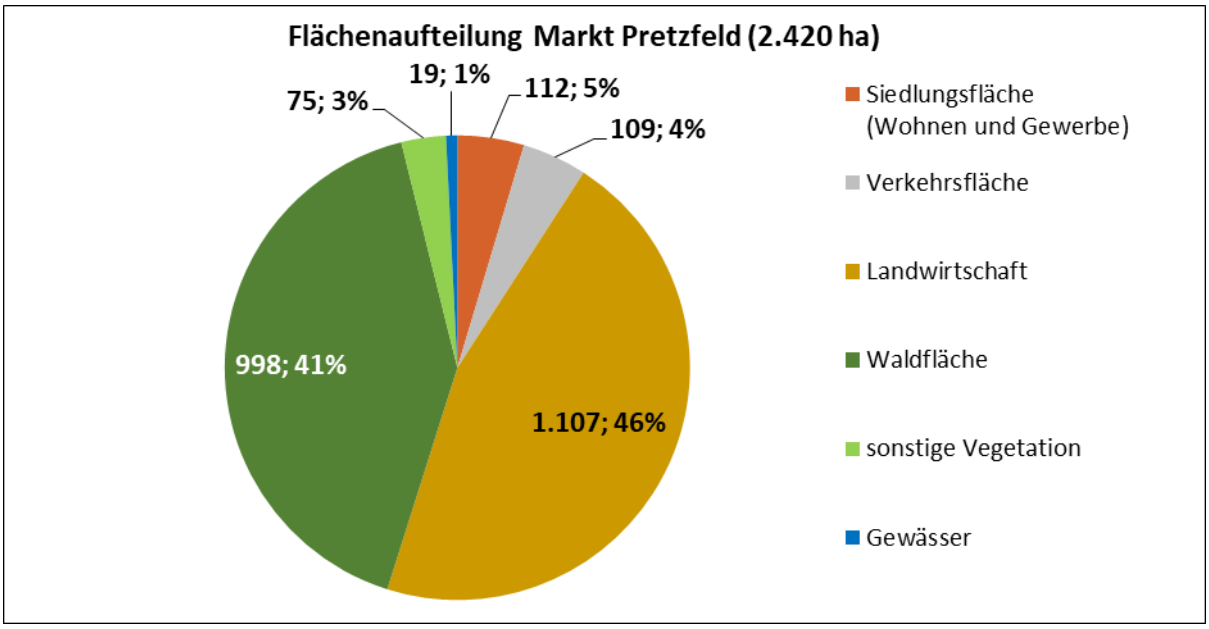
Quelle: Eigene Darstellung auf der Grundlage von Statistik Kommunal (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung)

In den Letzten zehn Jahren ist die Einwohnerzahl um 4,2 % zurückgegangen.

1.3.3 Flächennutzung

Das Marktgebiet umfasst insgesamt 2.420 ha. Den größten Anteil nimmt mit 46 % die Landwirtschaftsfläche ein, knapp gefolgt von 41 % Waldfläche. Lediglich 5% 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.

1.3.4 Energiepolitische Zielsetzung der Kommune

Die Marktgemeinde Pretzfeld hat bislang noch keine öffentlich formulierten energiepolitischen Ziele, zum Beispiel in Form eines Leitbildes, oder einer sonstigen politischen Willenserklärung. Dies bedeutet aber nicht, dass es in diesem Bereich noch keine konkreten Projekte gäbe.

Im Ortsteil Wannbach gibt es seit geraumer Zeit die Idee, ein Wärmenetz mit Hackschnitzelbetrieb umzusetzen. Dieses Projekt zu konkretisieren, ist ein Schwerpunkt des Energienutzungsplanes.

2 Energiebilanz Wärme

In Pretzfeld gibt es aktuell keine leitungsgebundene Wärmeversorgung durch Erdgas oder Nahwärme, durch die der Energieverbrauch beim Betreiber abgefragt werden könnte.

Aus diesem Grund wird anhand der GIS-Daten aus der Gebäudenutzung, der Gebäudegrundfläche und Höhe sowie Energiekennwerten ein gebäudescharfer Wärmebedarf ermittelt.

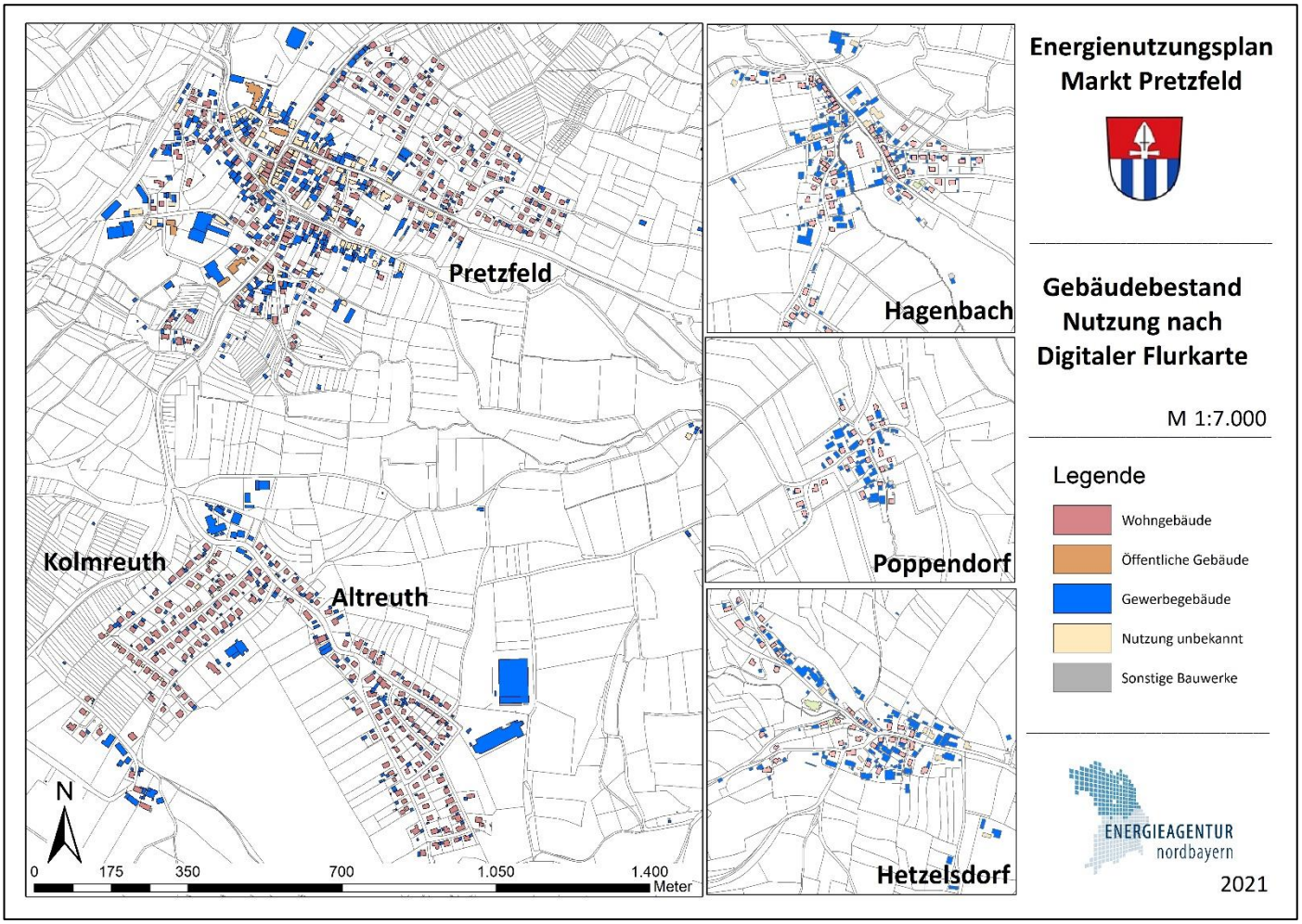
Die Erhebung der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien erfolgt durch die Auswertung der Förderkennzahlen des zuständigen Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

2.1 Gebäudenutzung

Die Gebäudenutzung wird anhand der Angaben der digitalen Flurkarte (DKF) ermittelt. Für die Gemeinde Pretzfeld sind 26 % Wohngebäude, knapp 70 % Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe und 1 % öffentliche Gebäude angegeben. Bei rund 3 % ist die Nutzung unbekannt.

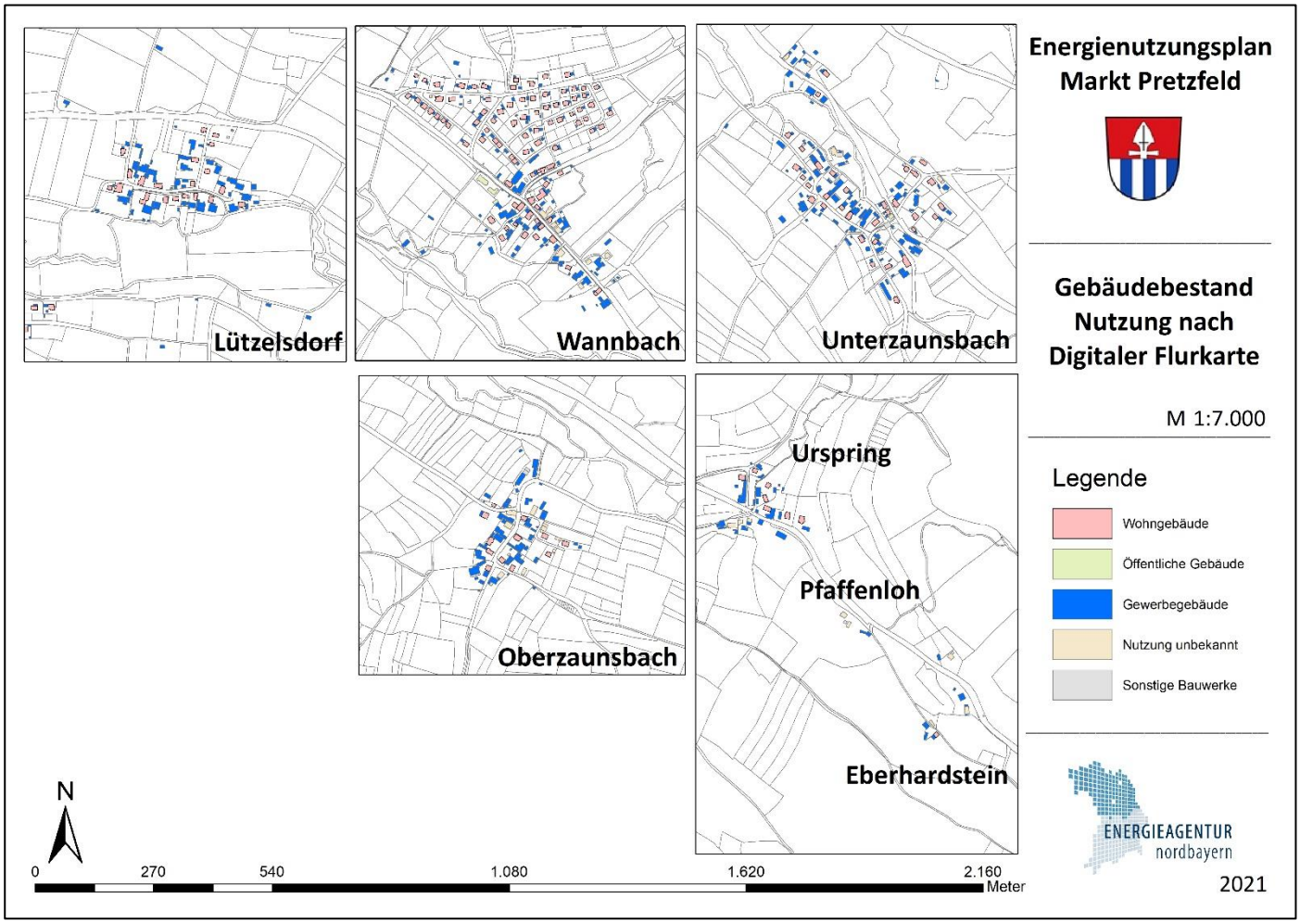
Folgende Abbildungen zeigen die Gebäudenutzung anhand der DFK vom Vermessungsamt:

Abbildung 4: Gebäudenutzung Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf



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

Abbildung 5: Gebäudenutzung Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein



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

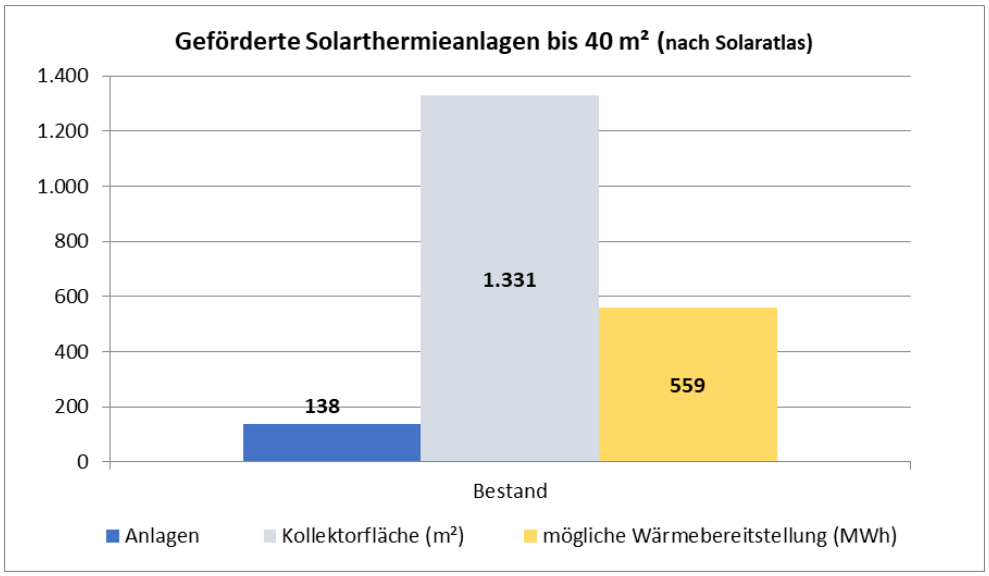
2.2 Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung

Im Gemeindegebiet Pretzfeld sind Solarthermieanlagen, Biomasseanlage und Wärmepumpen zur regenerativen Wärmeerzeugung im Einsatz. Im Folgenden wird die Bestandssituation und das Ausbaupotenzial dargestellt.

2.2.1 Solarthermie

Solarthermische Anlagen erzeugen Wärme zur Warmwassererwärmung und/oder Heizungsunterstützung. Zur Datenerhebung kann hier auf den Solaratlas zurückgegriffen werden, der die geförderten Solarthermieanlagen bis 40 m² Kollektorfläche abbildet.

Abbildung 6: Installierte Solarthermieanlagen

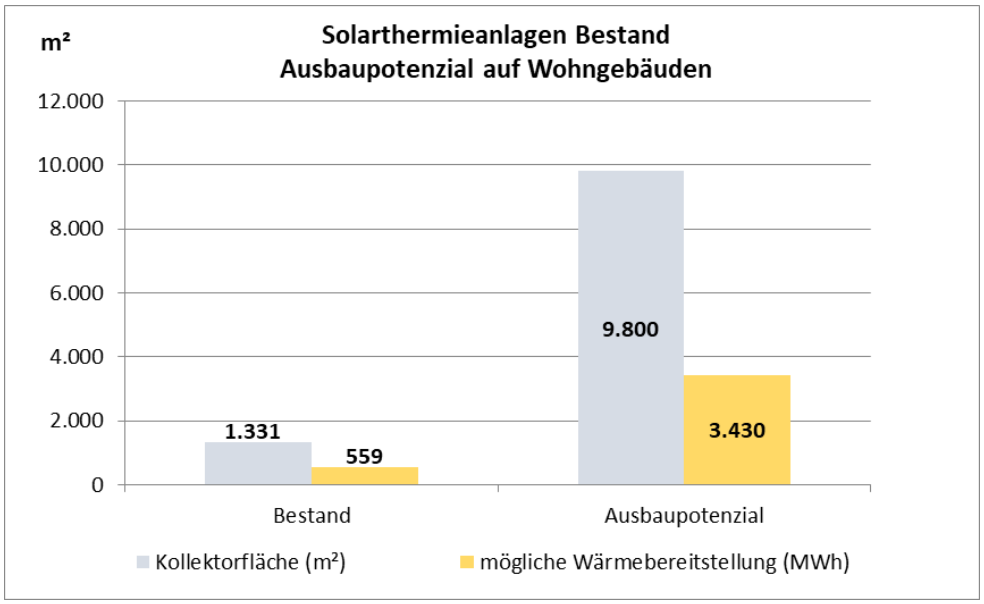


Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Solaratlas

Im Jahr 2020 sind in Pretzfeld 138 geförderte Solarthermieanlagen mit 1.331 m³ Kollektorfläche installiert und erzeugen ca. 560 MWh Wärme. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt bei 9,6 m² Kollektorfläche.

Im Rahmen der Sektorkopplung und der immer geringeren EEG-Einspeisevergütung für PV-Strom wird auch die thermische Nutzung von PV-Anlagen immer sinnvoller. Bei einem angenommen Ausbaupotenzial von durchschnittlich 14 m² Kollektorfläche (Solarthermie oder PV) je Wohngebäude entspricht dies ca. 9.800 m² Kollektorfläche und einem Wärmeerzeugungspotenzial von jährlich 3.430 MWh.

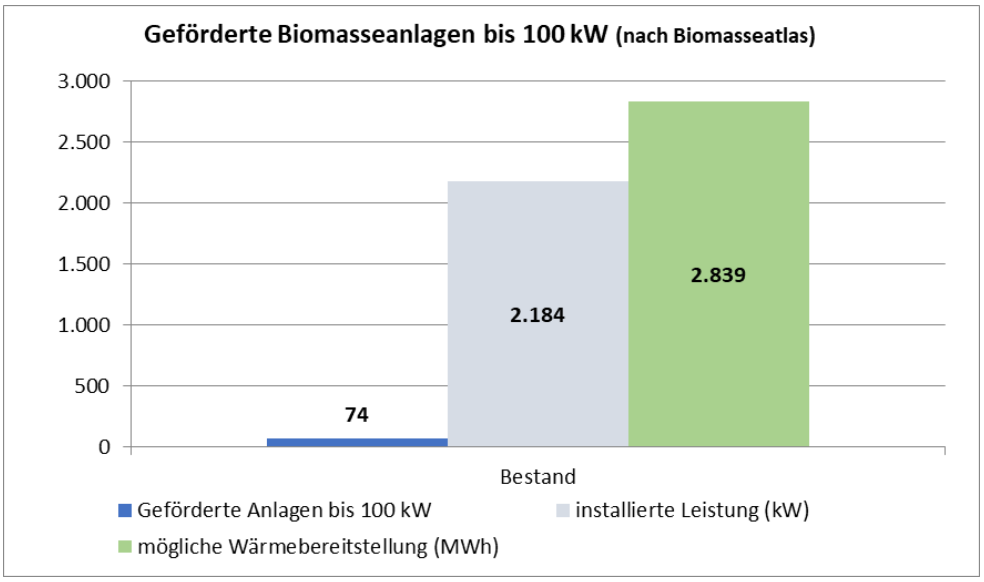
Abbildung 7: Solarthermie Ausbaupotenzial



2.2.2 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 abbildet.

Abbildung 8: Geförderte Biomasseanlagen

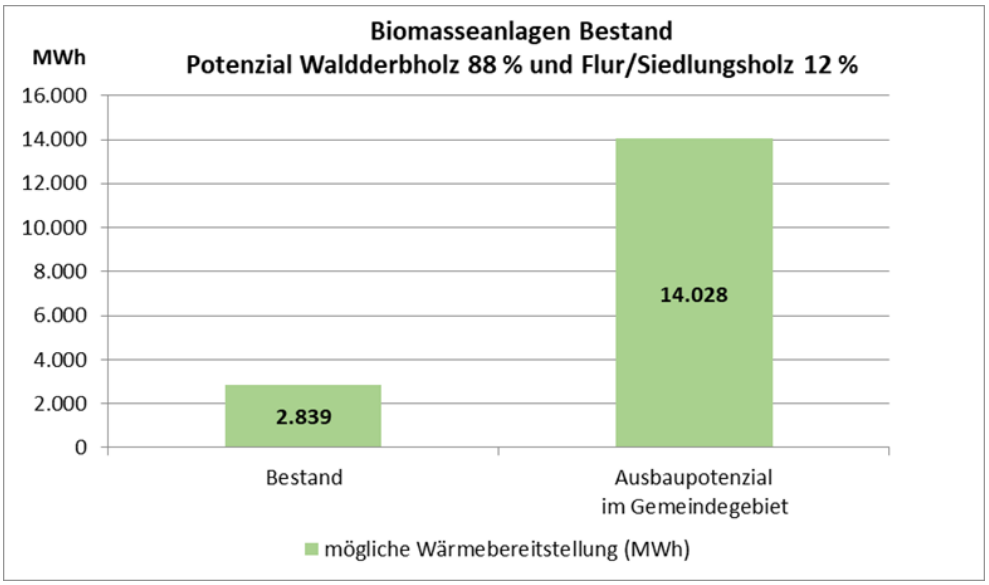


Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Biomasseatlas

Derzeit sind 74 geförderte Biomasseanlagen mit 2.184 kW Nennleistung installiert und erzeugen ca. 2.840 MWh Wärme. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt bei 30 kW. Da insbesondere Handbeschickte Biomasseanlagen nicht gefördert werden, ist in Pretzfeld von einem höheren Biomasseanteil auszugehen.

Anhand der Gemeindefläche von rund 2.400 ha und der Waldfläche von knapp 1.000 ha ergibt sich nach Energieatlas Bayern ein nutzbares Biomassepotenzial von 14.000 MWh/a. Dies entspricht einer 4,5-fachen Steigerung zum jetzigen Nutzungsstand.

Abbildung 9: Biomasseanlagen Ausbaupotenzial



2.2.3 Wärmepumpen, Oberflächennahe Geothermie

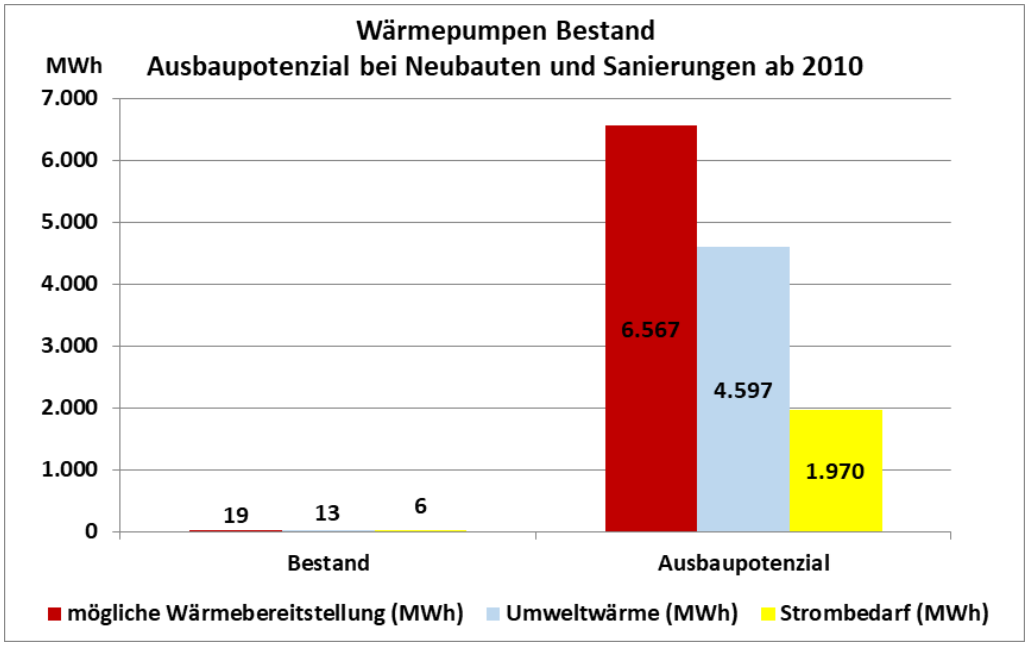
Eine Wärmepumpe erzeugt unter Aufwendung von Strom thermische Energie aus einem Reservoir mit niedrigerer Temperatur (Umgebungswärme) und hebt dies auf ein höheres Temperaturniveau (Raumwärme). Mit Wärmepumpen kann im Sommer auch gekühlt werden.

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 2008 geförderten Wärmepumpen bis 100 kW Nennwärmeleistung abbildet.

Abbildung 10: Wärmepumpen Bestand und Ausbaupotenzial



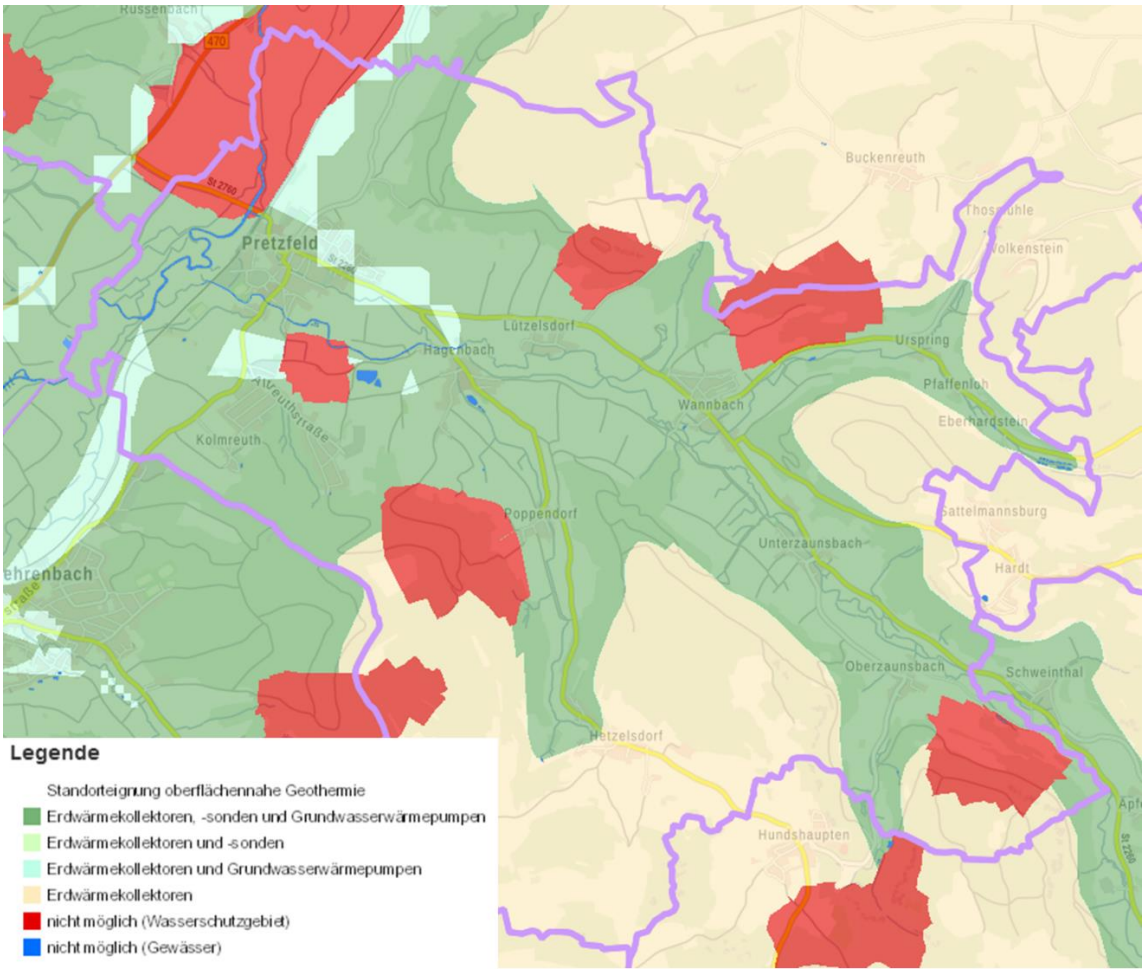
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Wärmepumpenatlas

Derzeit sind in Pretzfeld 5 geförderte Wärmepumpen genannt, die insgesamt 19 MWh Wärme erzeugen würden. Nach Rücksprache Vor-Ort sind tatsächlich deutlich mehr Wärmepumpen im Gebäudebestand vorhanden.

Ausgehend von Neubauten und Sanierungen im Wohngebäudebestand ab 2010 besteht ein Ausbaupotenzial im Wärmepumpenbereich auf knapp 6.600 MWh pro Jahr. Hiervon sind ca. 70 % Umweltwärme und 30 % Strombedarf.

Folgende Abbildung zeigt das Nutzungspotenzial oberflächennaher Geothermie im Gemeindegebiet Pretzfeld:

Abbildung 11: Nutzungspotenzial oberflächennahe Geothermie



Quelle: Energieatlas Bayern

Im Großteil des Gemeindegebietes ist die Nutzung von Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Grundwasser für einen Wärmepumpenbetrieb möglich.

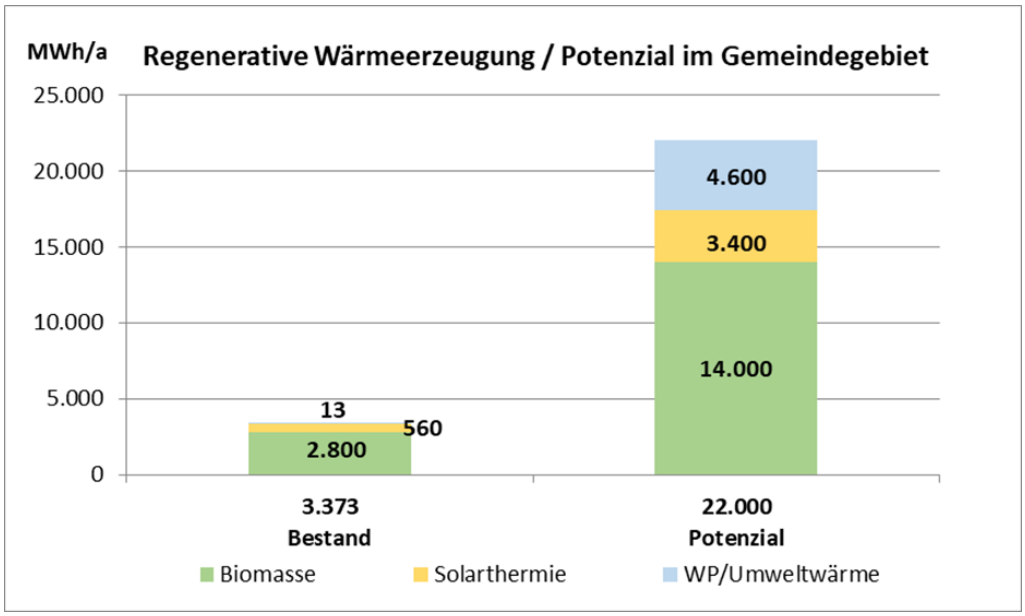
In einigen Bereichen ist die ausschließliche Nutzung von Erdwärmekollektoren (hellbraun) und in wenigen Gebieten die Nutzung von Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen (hellgrün) möglich.

Die rot markierten Bereiche befinden sich im Wasserschutzgebiet, hier ist keine Nutzung oberflächennaher Geothermie zulässig.

2.2.4 Gesamte regenerative Wärmeerzeugung

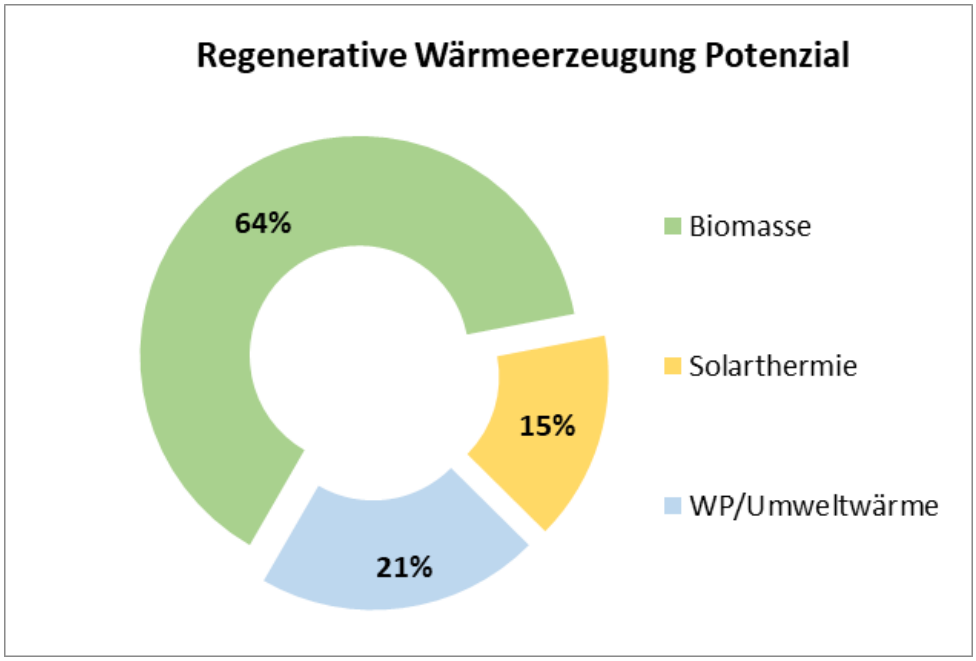
Aktuell besteht in Pretzfeld eine regenerative Wärmeerzeug von knapp 3.400 MWh/a. Dies kann um das 6,5-Fache auf 22.000 MWh/a ausgebaut werden.

Abbildung 12: Regenerative Wärmeerzeugung / Ausbaupotenzial



Hiervon hat Biomasse mit 64 % das mit Abstand größte Wärmeerzeugungspotential gefolgt von Wärmepumpen und solarer Wärmeerzeugung.

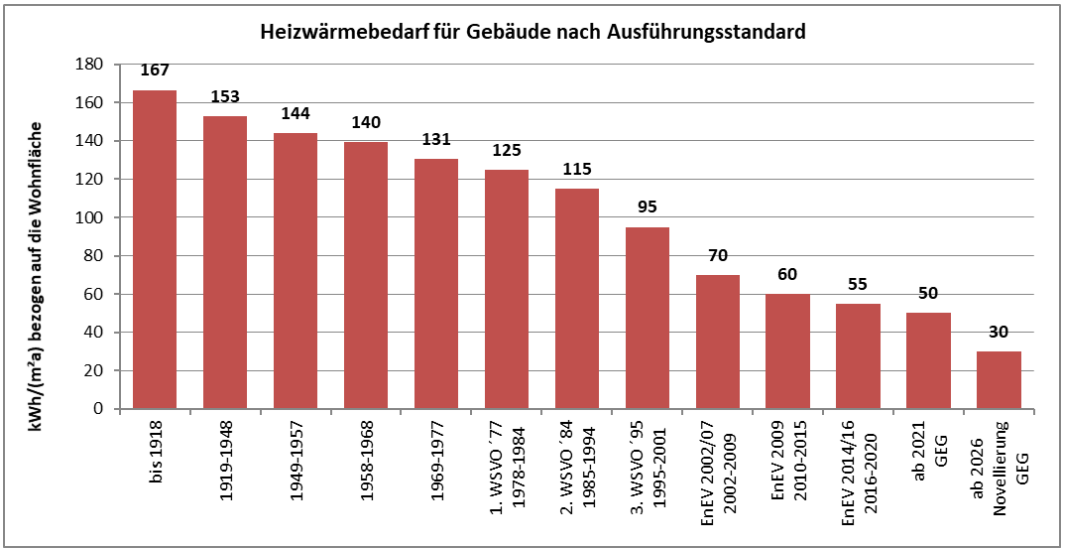
Abbildung 13: Anteile regeneratives Wärmeerzeugungspotenzial



2.3 Wohngebäude

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 14: Heizwärmebedarf für Wohngebäude nach Ausführungsstandard



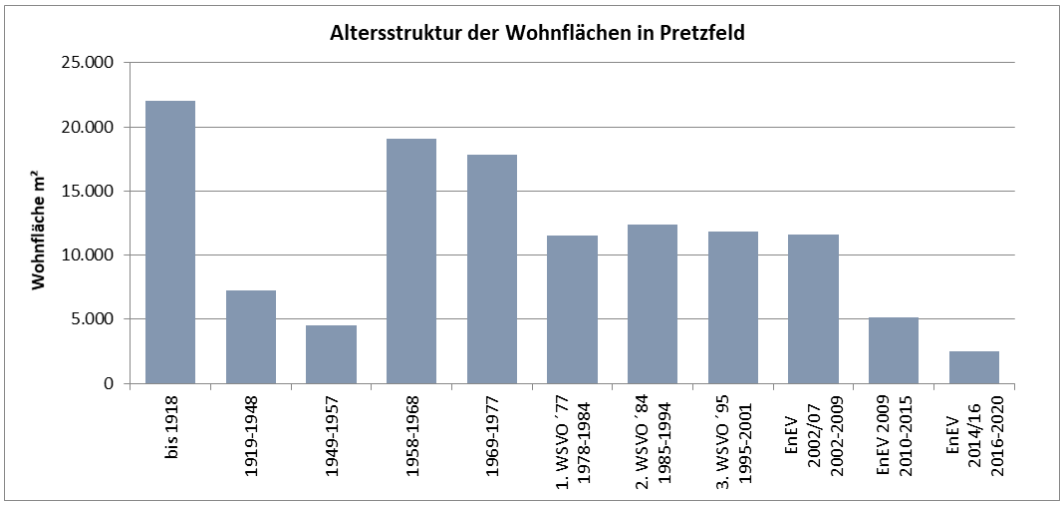
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung auf Grundlage Institut für Wohnen und Umwelt IWU; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

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 m² 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 Verschärfung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 12.05.2021 ist auch beim GEG in den nächsten Jahren eine Verschärfung zu erwarten.

Folgende Abbildung zeigt die Bautätigkeit in Abhängigkeit der Baualtersklassen:

Abbildung 15: Altersstruktur des Wohnraums



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik Kommunal

Im Gemeindegebiet Pretzfeld gibt es mit 18 % einen relativ großen historischen Gebäudebestand (bis 1918). Die größte Bautätigkeit hatte dann in den 60er und 70er Jahren stattgefunden. Besonders in dieser Baualtersklasse sind durch energieeffiziente Gebäudesanierung hohe Einsparpotenzial zu realisieren.

Insgesamt gibt es im Gemeindegebiet momentan rund 126.000 m² Wohnfläche bei 1.068 Wohneinheiten in 743 Wohngebäuden. Jeder Einwohner bewohnt im Durchschnitt 54 m².

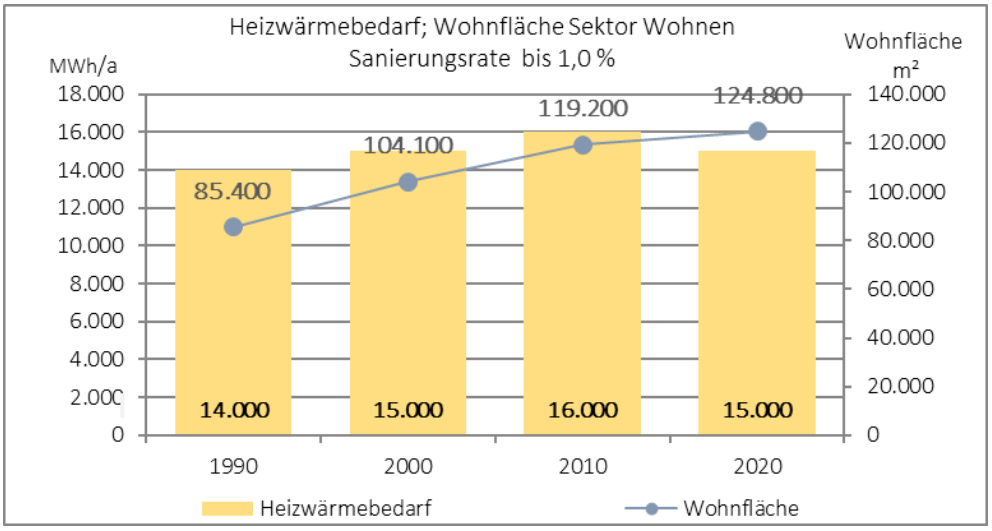
2.3.1 Wohngebäude / Heizwärme- und Endenergiebedarf

Unter Berücksichtigung aller direkten und indirekten Emissionen sind Gebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) derzeit für bis zu 30 Prozent der Treibhausgasemissionen (THG) in Deutschland verantwortlich (nur direkte Emissionen: 13 Prozent). Das Bundes-Klimaschutzgesetz der Bundesregierung fordert einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045[1]. Das größte Einsparpotenzial liegt hierbei in der energetischen Gebäudesanierung. Die energetische Sanierungsrate liegt derzeit bei jährlich nur etwa 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.

1 Klimaschutzgesetz der Bundesregierung, 12.05.2021 und Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes

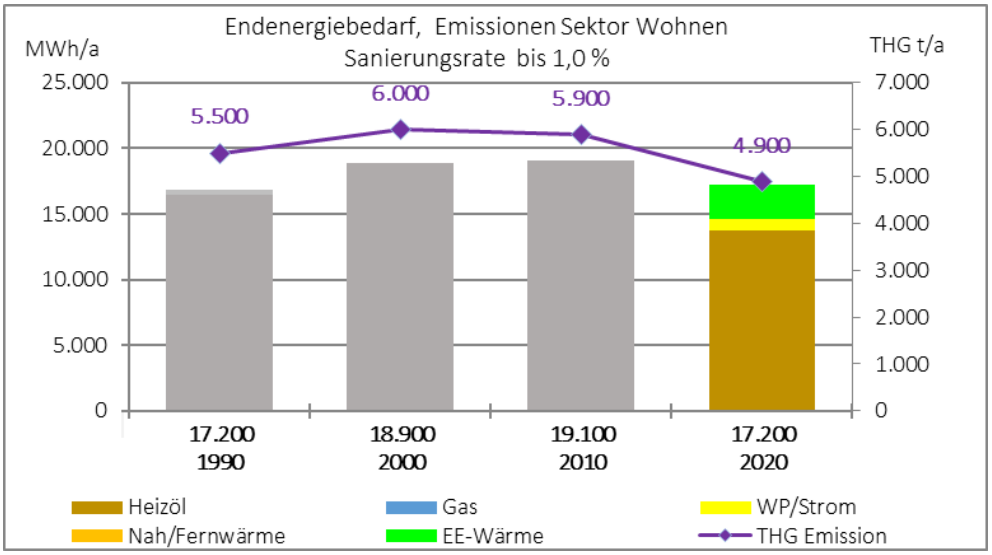
Abbildung 16: Entwicklung Wohnfläche und Heizwärmebedarf



Zwischen 1990 und 2010 stieg der Heizwärmebedarf um 14% an und reduziert sich durch vermehrte Sanierungsmaßnahmen wieder um ca. 6 % bis 2020. Dagegen ist die Wohnfläche in den letzten 30 Jahren um 46 % gewachsen. Diese Diskrepanz ist auf immer höhere energetische Anforderungen an den Gebäudeneubau und die Gebäudesanierung zurückzuführen.

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

Abbildung 17: 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 hat der Endenergiebedarf im Gebäudesektor mit 17.200 MWh/a wieder den Stand von 1990 erreicht.

Für das Jahr 2020 ist hier der aktuelle Heizwärmemix dargestellt, der sich durch den steigenden Anteil an erneuerbarer Wärme stetig verbessert hat. (Siehe auch Anlagen zur regenerativen

Wärmeerzeugung). Die THG-Emissionen mit derzeit ca. 4.900 t jährlich sind im Vergleich zu 1990 um 11 % zurückgegangen. Knapp 80 % der Wärme im Wohnbereich werden noch mit Heizöl erzeugt.

2.3.2 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[2]. 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 mit unterschiedlichen Sanierungsraten berechnet:

- **Referenzszenario:** Steigerung der Sanierungsrate auf 1,5 % bis 2045
- **Effizienzszenario:** Steigerung der Sanierungsrate auf 3,0 % bis 2045

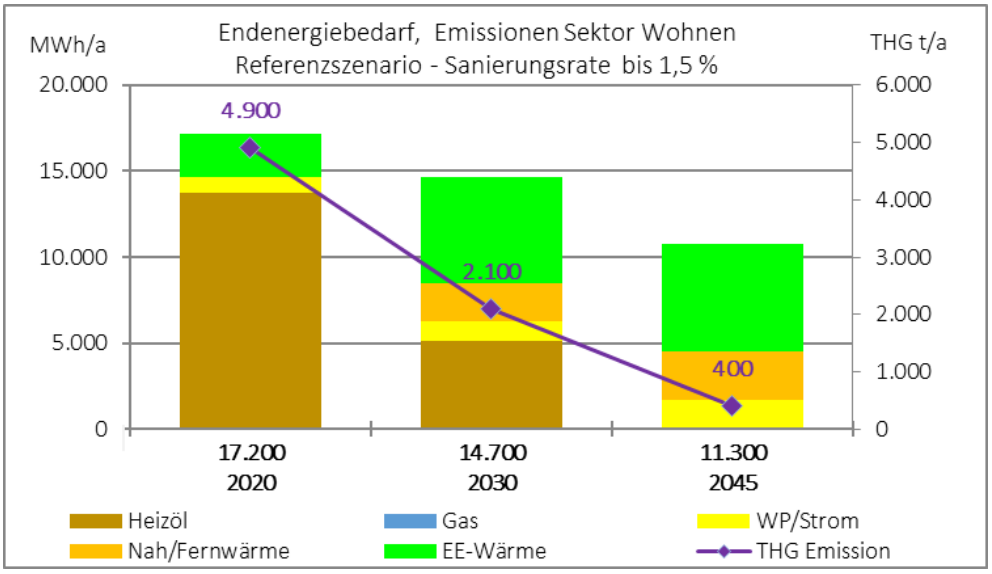
Außerdem werden unterschiedliche Steigerungsraten bei Hocheffizienzsanierungen (z.B.: Effizienzhäuser) und beim Heizwärmemix berücksichtigt.

2 Klimaschutzgesetz der Bundesregierung, 12.05.2021 und Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes

- **Wohngebäudesanierung Referenzszenario**

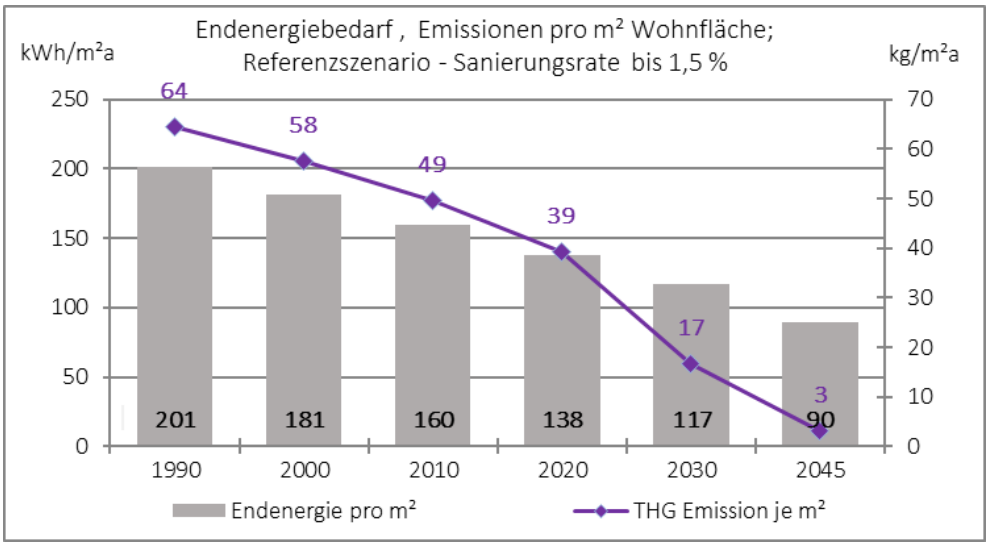
Im Referenzszenario steigt die jährliche Sanierungsrate moderat auf 1,5 % bis zum Jahr 2045. Hieraus ergibt sich folgendes Reduktionspotenzial:

Abbildung 18: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Referenzszenario



Der Endenergiebedarf für Heizung und TWW reduziert sich im Referenzszenario bis 2045 um 34 % bezogen auf 2020 und 1990. Durch den prognostizierten Zuwachs an erneuerbarer Wärme und Nah/Fernwärme, betragen die THG-Emissionen im Jahr 2045 noch 400 t. Dies wäre ein Rückgang von 92 % gegenüber 2020 und 93 % bezogen auf 1990.

Abbildung 19: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf je m² Wohnfläche, Referenzszenario

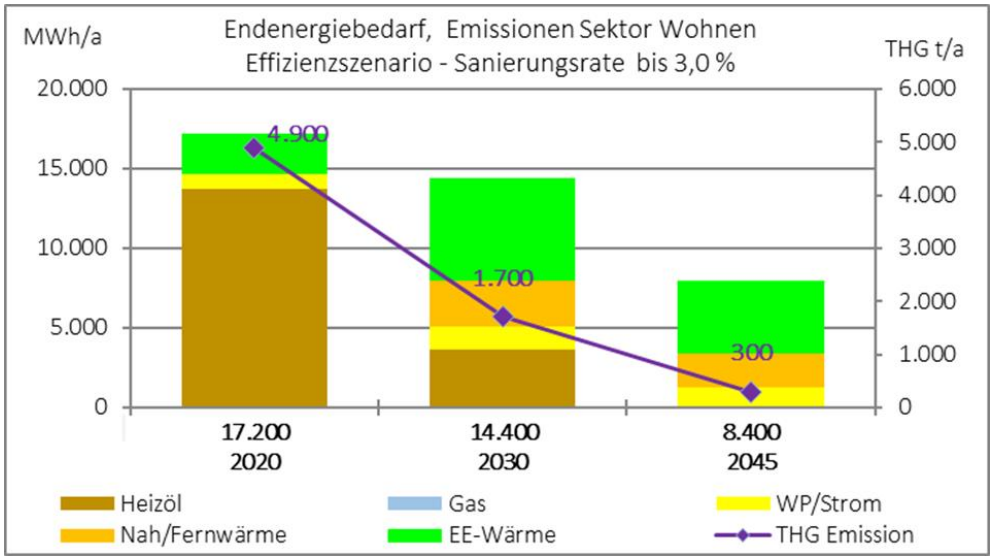


Um den Wohnflächenzuwachs zu bereinigen, werden die Einsparpotenziale bezogen auf einen m² Wohnfläche dargestellt. Hier reduziert sich der Endenergiebedarf von durchschnittlich 201 kWh/m² in 1990 um 55 % auf 90 kWh/m² in 2045. Die THG-Emissionen betragen dann jährlich nur noch 3 kg pro m² Wohnfläche.

- **Wohngebäudesanierung Effizienzszenario**

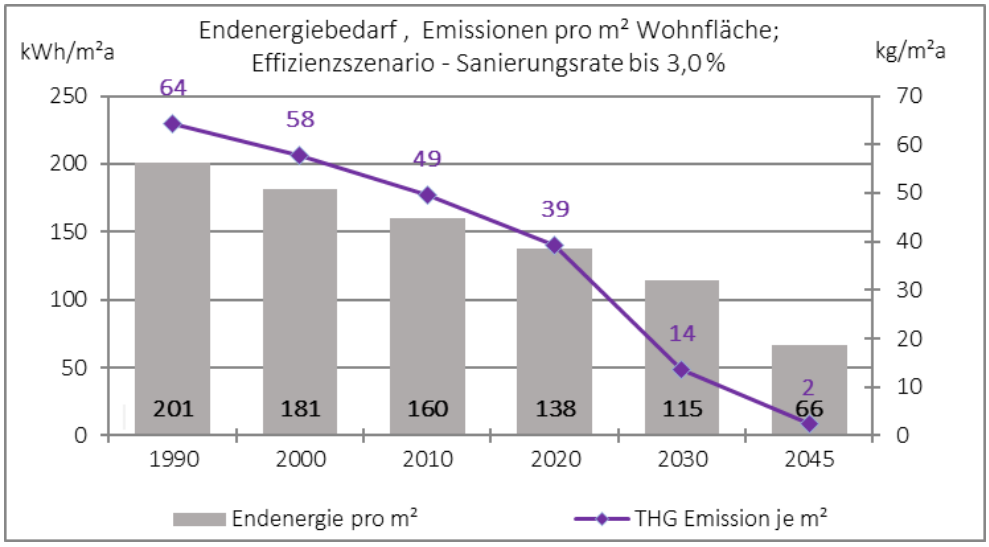
Im Effizienzszenario steigt die jährliche Sanierungsrate auf 3,0 % im Jahr 2045: Hieraus ergibt sich folgendes Reduktionspotenzial:

Abbildung 20: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Effizienzszenario



Der Endenergiebedarf für Heizung TWW reduziert sich im Effizienzszenario um über 50 % bezogen auf 2020 und 1990. Die THG-Emissionen betragen im Jahr 2045 noch 300 t. Dies wäre ein Rückgang um 94 % gegenüber 2020 und 95 % bezogen auf 1990.

Abbildung 21: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf je m² Wohnfläche, Effizienzszenario



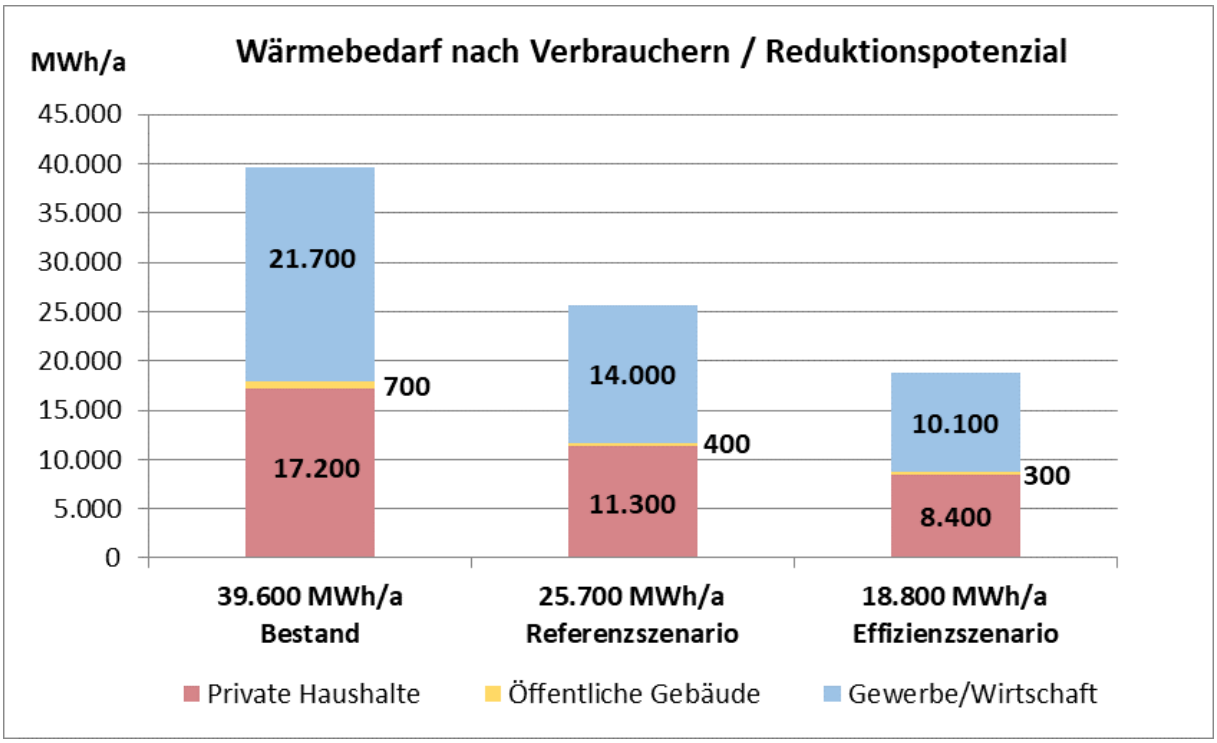
Bezogen auf einen m² Wohnfläche sinkt der Endenergiebedarf im Effizienzszenario um 67 % auf 66 kWh/m², die THG-Emissionen betragen dann jährlich noch 2 kg je m² Wohnfläche.

2.4 Gesamter Wärmebedarf und Reduktionspotenzial 2045

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

In Anlehnung an das Sanierungspotenzial bis 2045 bei den Wohngebäuden erfolgt eine Abschätzung für den Nichtwohnbestand.

Abbildung 22: Aufteilung Wärmebedarf nach Verbrauchern gesamtes Gemeindegebiet

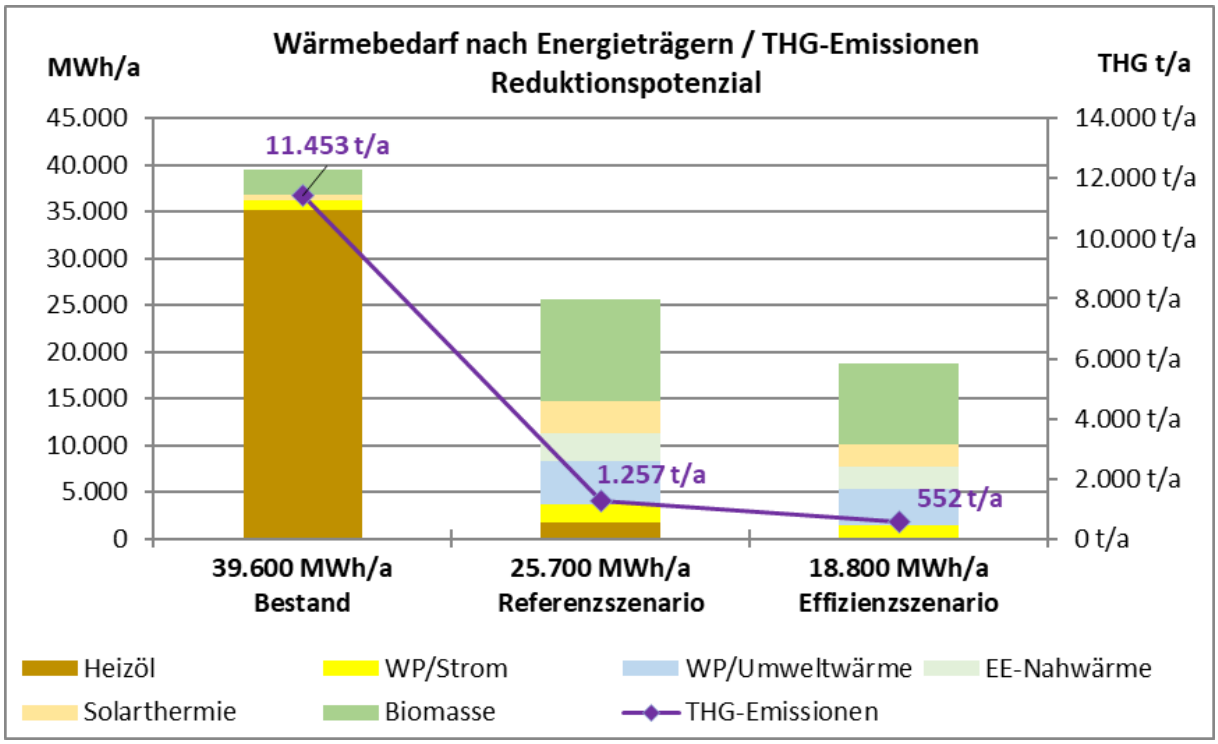


Aktuell besteht ein gesamter, jährlicher Wärmebedarf von 39.600 MWh. Die Wohngebäude haben einen Anteil von 43 %, die Nichtwohngebäude von 57 %.

Im Referenzszenario reduziert sich der Wärmebedarf bis 2045 um 35% auf 25.700 MWh/a. Beim Effizienzszenario kann sich der Wärmebedarf um über 50 % auf dann 18.800 MWh/a reduzieren. Siehe auch Punkt: Wohngebäude Sanierungspotenzial.

Bei der Aufteilung Wärmebereitstellung sind auch die vorhandenen Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung berücksichtigt.

Abbildung 23: Aufteilung Wärmebereitstellung nach Energieträgern und THG-Emissionen



Werden aktuell noch knapp 90 % der Wärme durch Heizöl erzeugt, sinkt der Anteil im Referenzszenario auf unter 10 %. Im Effizienzszenario wird im Jahr 2045 kein Öl mehr verheizt. Die Wärme wird durch Erneuerbare Energien mit einem kleinen Anteil Strom erzeugt. Siehe auch Punkt: Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung.

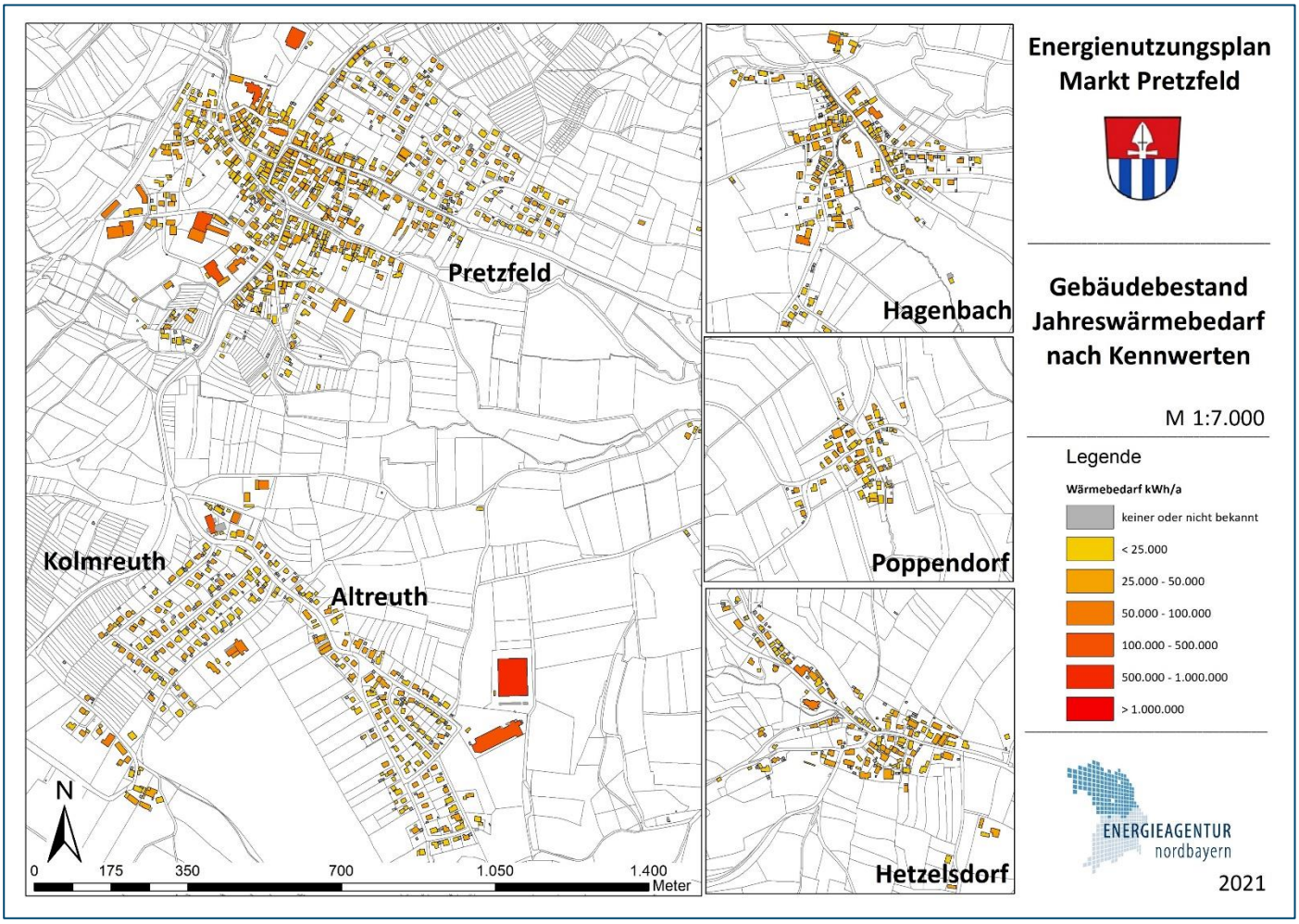
2.5 Gebäudescharfer Wärmebedarf / Wärmekataster

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 Referenz- und Effizienzszenario wird dann eine mögliche zukünftige Wärmebedarfsdichte simuliert, um geeignete und ungeeignete Gebiete zum Aufbau von Wärmenetzen zu ermitteln.

2.5.1 Gebäudebestand Jahreswärmebedarf je Gebäude

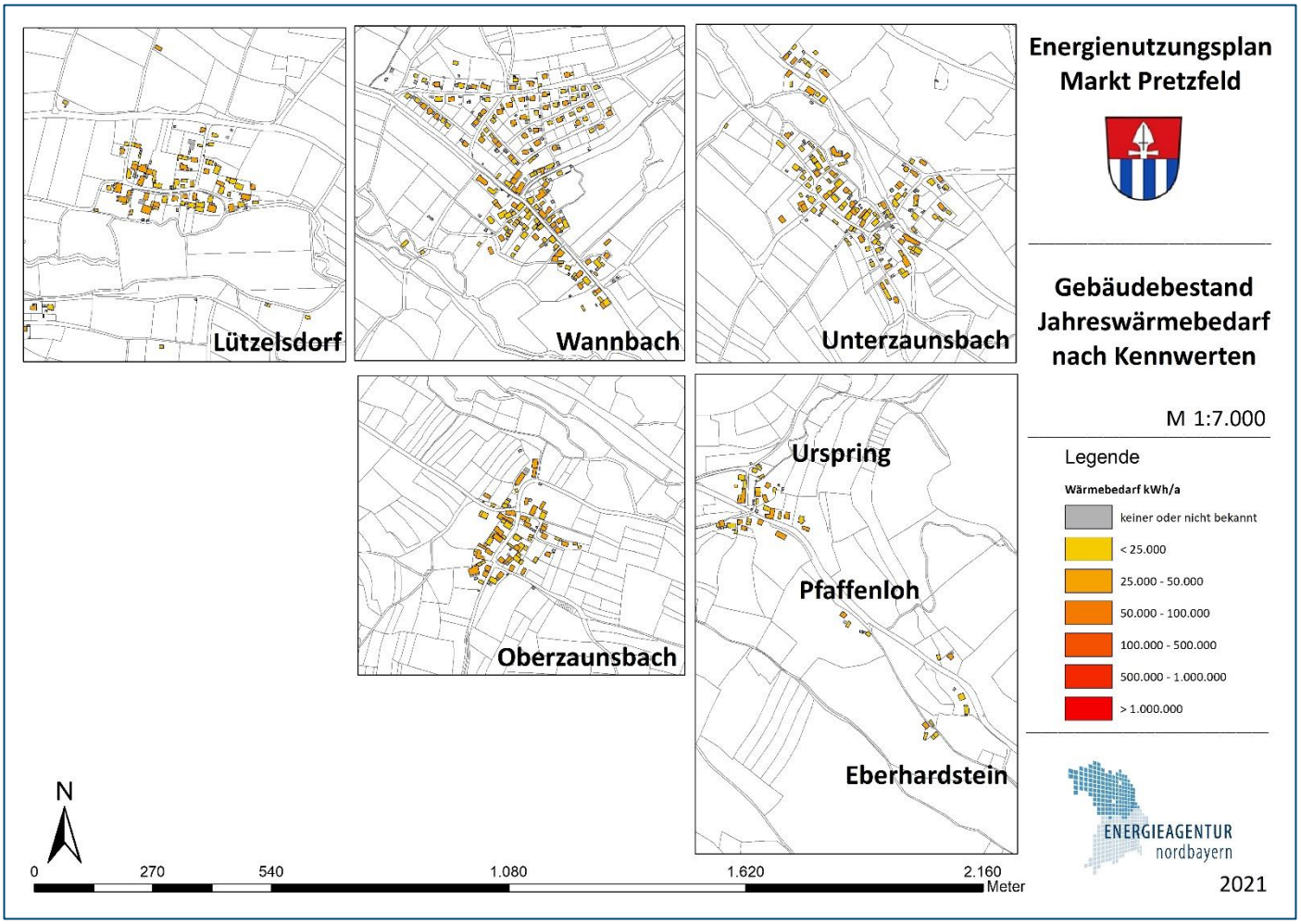
Folgende Abbildungen zeigen den Gebäudescharfen jährlichen Wärmebedarf:

Abbildung 24: Jahreswärmebedarf je Gebäude Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Abbildung 25: Jahreswärmebedarf je Gebäude Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein

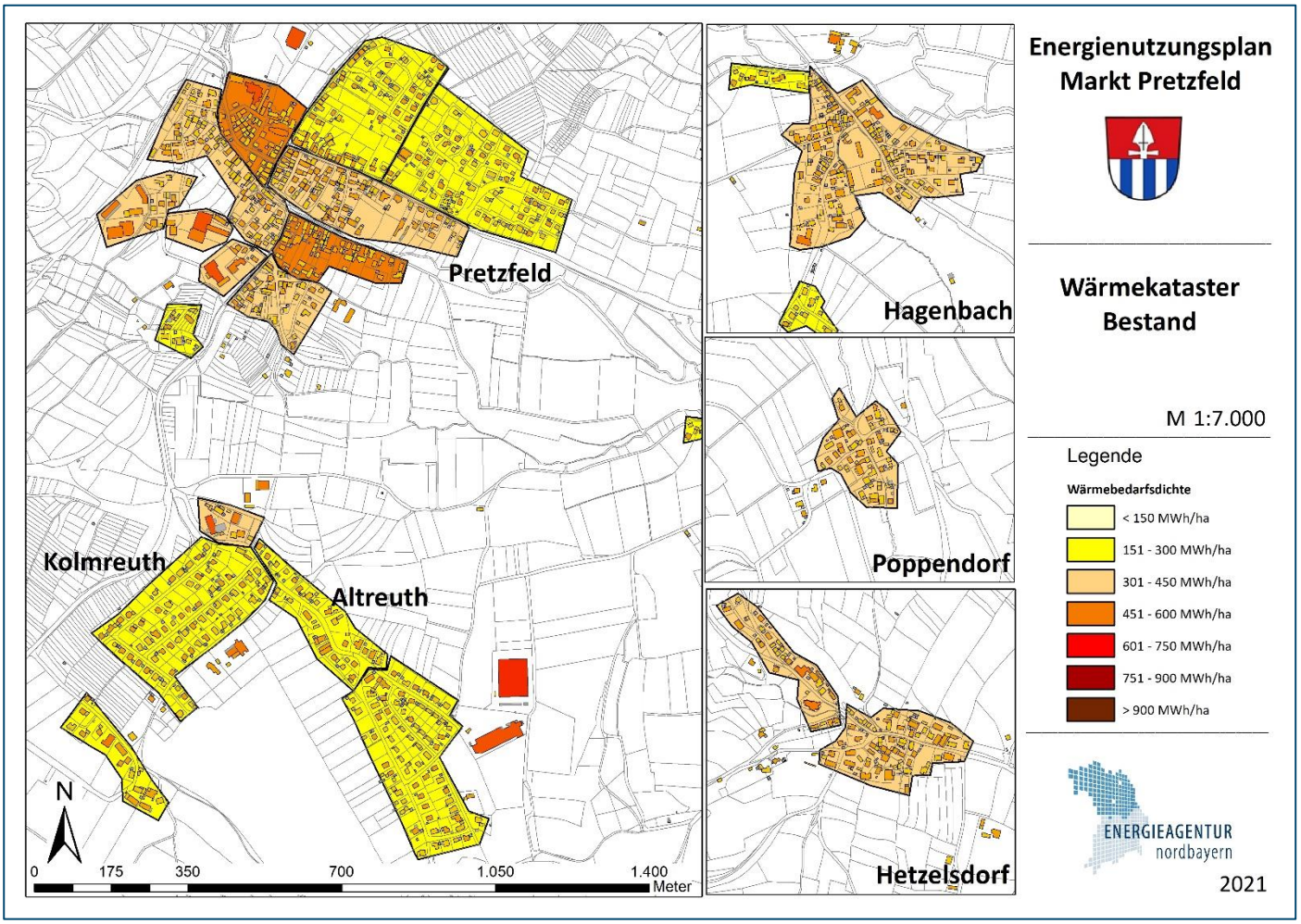


Plan maßstabsgerecht im Anhang

2.5.2 Gebäudebestand Wärmekataster

Die Wärmebedarfsdichte wird für die jeweiligen Siedlungsgebiete und Verbrauchsschwerpunkte, wie z.B. kommunale und gewerbliche Sonderbauten in MWh Wärme je ha dargestellt. Bei der Wärmebedarfsdichte wird der Wärmebedarf aller Gebäude berücksichtigt, dies entspricht einer Anschlussquote von 100%.

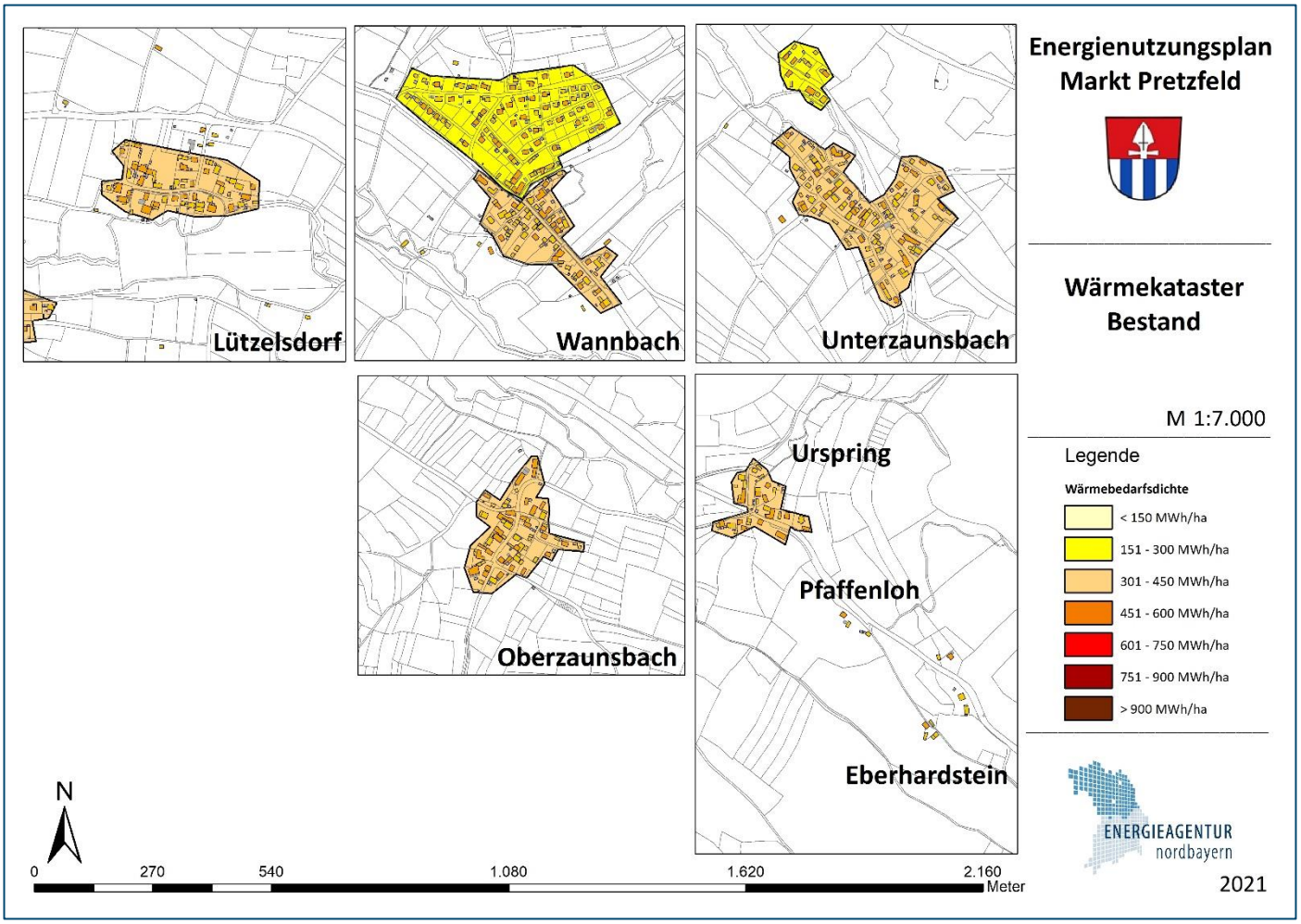
Abbildung 26: Gebäudebestand Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Siedlungsgebiete mit einer dichten Bebauung und größeren Gebäuden haben eine höhere Wärmebedarfsdichte als Gebiete mit reiner Ein- und Zweifamilienhausbebauung. Da die Bebauung im Gemeindegebiet mehrheitlich aus Ein- und Zweifamilienhäusern besteht, ist die Wärmebedarfsdichte lediglich im Ortskern von Pretzfeld über 450 MWh/ha.

Abbildung 27: Gebäudebestand Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein



Plan maßstabsgerecht im Anhang

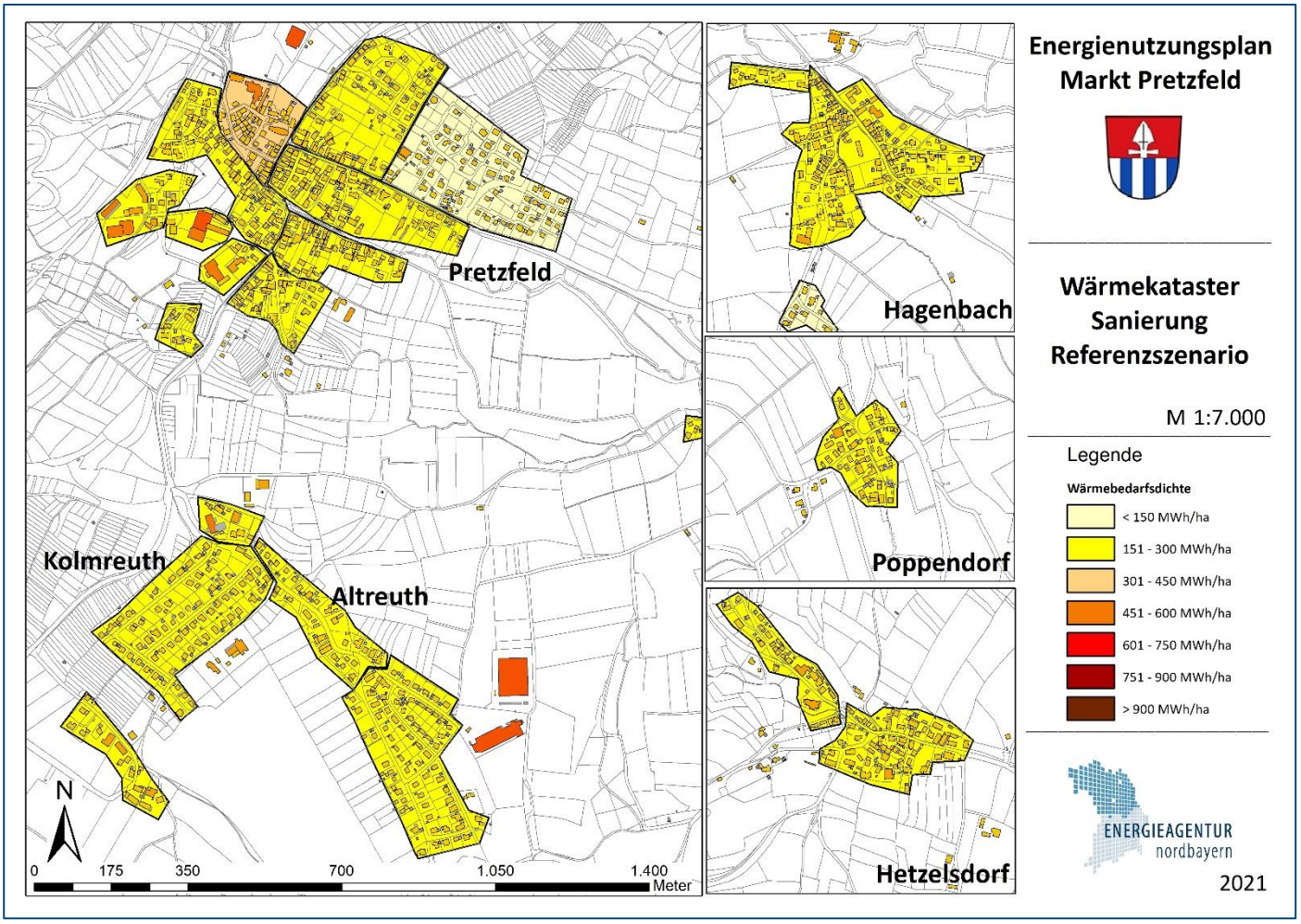
In den weiteren Ortsteilen liegt die Wärmebedarfsdichte mehrheitlich zwischen 300 und 450 MWh/ha.

2.5.3 Referenzszenario 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.

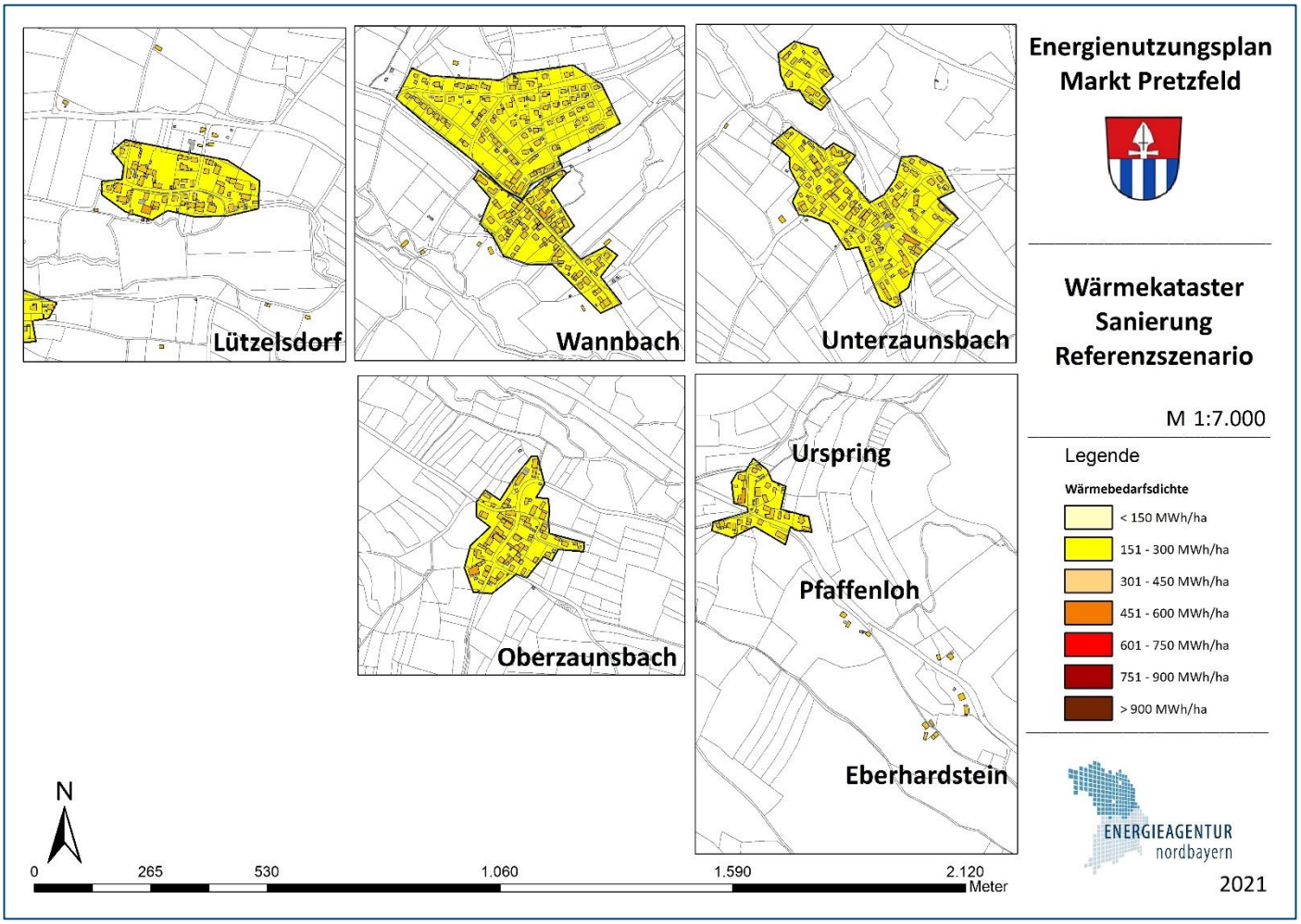
Erst Gebiet mit einer Wärmebedarfsdichte unter 150 MWh/ha sind für Wärmenetze explizite ungeeignet.

Abbildung 28: Referenzszenario Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Abbildung 29: Referenzszenario Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein



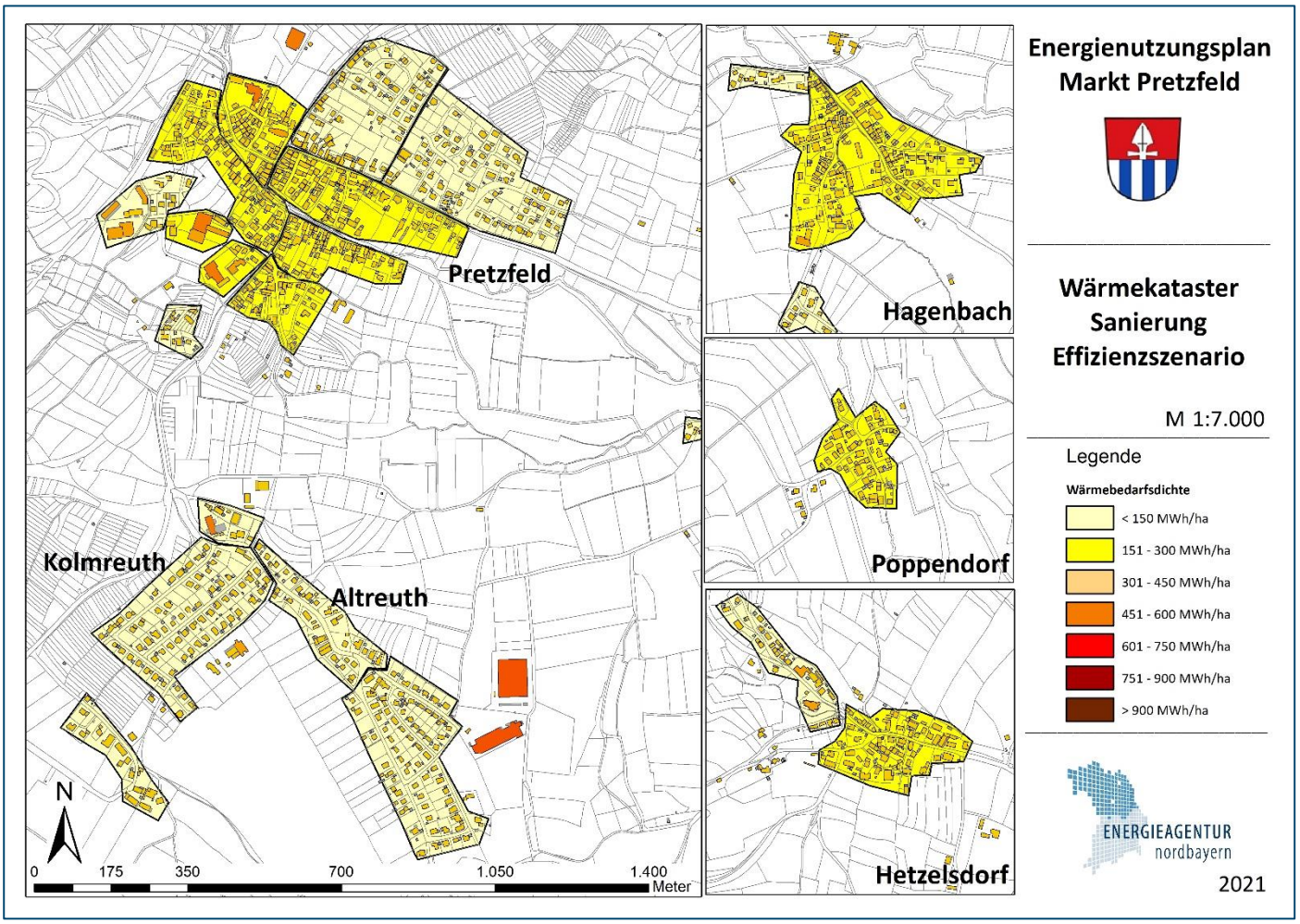
Plan maßstabsgerecht im Anhang

In den weiteren Ortsteilen liegt die Wärmebedarfsdichte im Referenzszenario zwischen 150 und 300 MWh/ha.

2.5.4 Effizienzszenario Wärmekataster

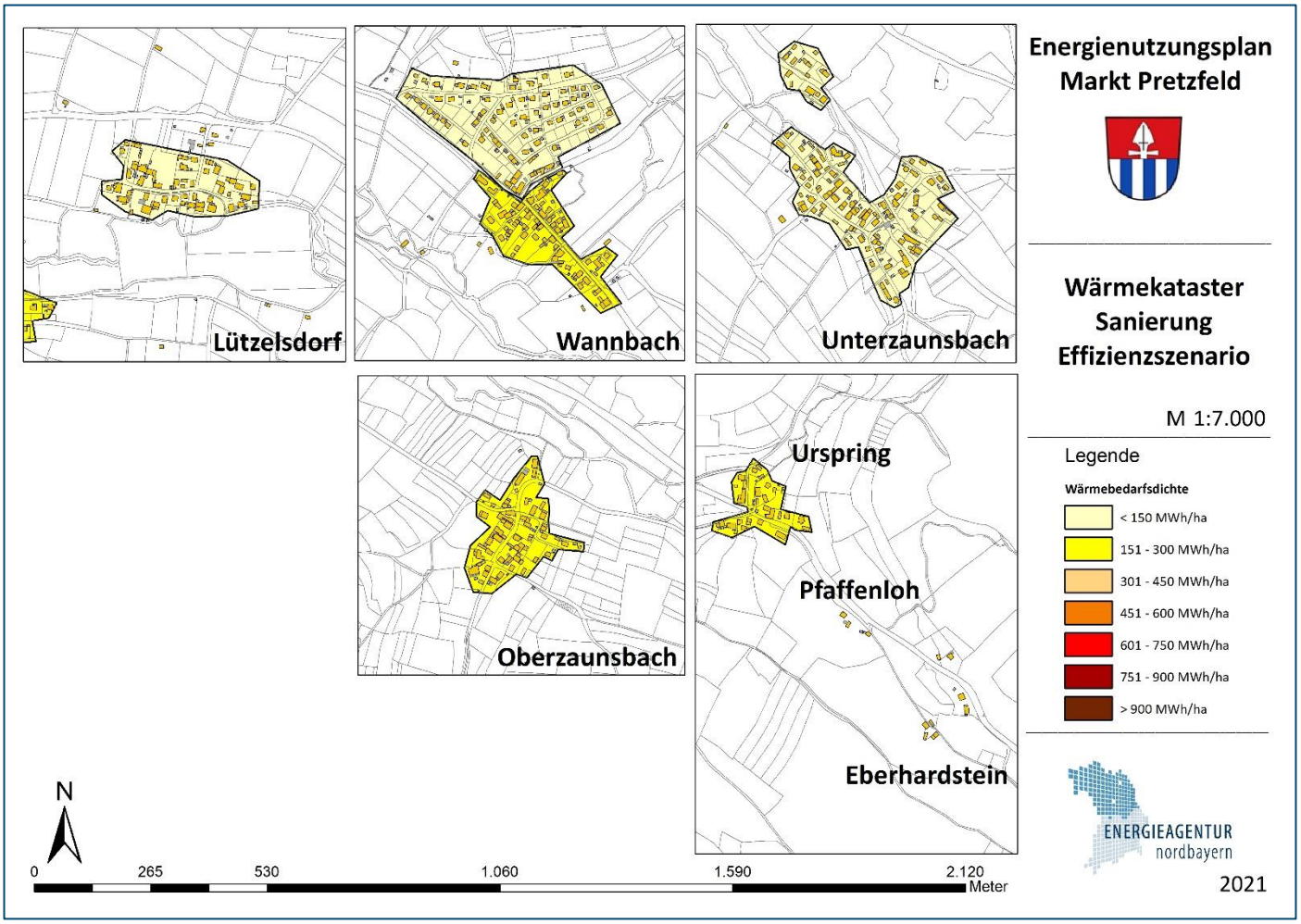
Die folgenden Abbildungen zeigen, dass im Effizienzszenario bei den weniger dicht besiedelten Gebieten, die Wärmebedarfsdichte unter 150 MWh/ha sinkt.

Abbildung 30: Effizienzszenario Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Abbildung 31: Effizienzszenario Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Nur der Altort von Wannbach, Oberzaunsbach und Urspring sind im Effizienzszenario noch für Wärmenetze geeignet. Eine mögliche Nachverdichtung der Bebauung erhöht aber auch wieder die Wärmedichte.

3 Maßnahmen

Auf Grundlage der Datenerhebung und der bereits vorherrschenden Ideen im Markt Pretzfeld wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der die wichtigsten Handlungsfelder einer zukünftigen Energiepolitik aufgreift.

Im direkten Einflussbereich der Gemeindeverwaltung liegen in erster Linie die kommunalen Liegenschaften folgenden Maßnahmen werden hierfür untersucht:

- Benchmark kommunale Liegenschaften
- Begehung und Sanierungskonzept Grundschule mit Turnhalle
- PV-Nutzung Pumpwerk Altreuth
- PV-Nutzung Abwasserpumpwerk Pretzfeld

Für den Ortsteil Wannbach wird die Errichtung einer zentralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz mit Hackschnitzelheizwerk untersucht. Die Untersuchung umfasst folgende Bestandteile:

- Öffentlichkeitsveranstaltung zu zentraler Wärmeversorgung
- Datenabfrage mit Bürgerinformation vor Ort (zwei Tage)
- Auswertung der Datenabfrage
- Auslegung Wärmenetz
- Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärmeversorgung

In den übrigen Handlungsfeldern beschränkt sich die Einflussmöglichkeit der Kommune auf Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit und den Versuch, durch Informationsveranstaltungen Sanierungen und Effizienzmaßnahmen anzuregen. Die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bewirkt einerseits Einsparungen beim Endenergieverbrauch, den THG-Emissionen und den Energiekosten und andererseits wird durch die notwendigen Investitionen der regionale Wirtschaftskreislauf aktiviert.

3.1 Benchmark kommunale Liegenschaften

Für den Benchmark der kommunalen Liegenschaften wurden durch die Verwaltung die Wärme- und Stromverbräuche der Jahre 2018/2019/2020 zur Verfügung gestellt. Die Energieträger zur Wärmeerzeugung werden in kWh Heizwert (Hi) umgerechnet und witterungsbereinigt. Somit ist die Entwicklung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Jahre vergleichbar.

Zur Ermittlung der spezifischen Verbrauchswerte für Wärme und Strom in kWh/m² werden die Energieverbräuche bezogen auf die jeweilige Nettogrundfläche (NGF) der Gebäude umgerechnet. Um die ermittelten Verbrauchwerte einordnen zu können, erfolgt ein Benchmark nach Gebäudekategorien

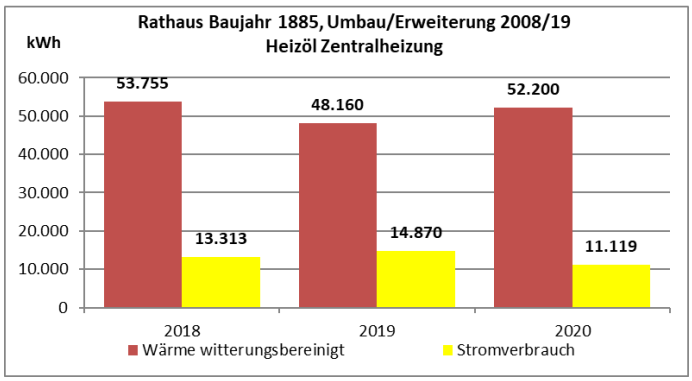
aus der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“[3].

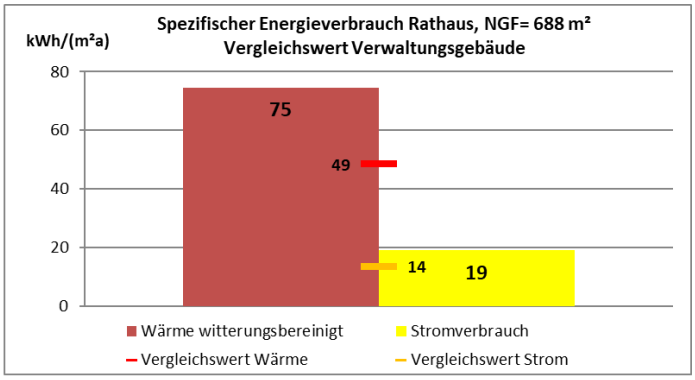
Diese Kennwerte sind auch Bestandteil der aktuellen Gebäude-Energieausweise. Nach GebäudeEnergieGesetz (BEG) § 80 Absatz (6) besteht in öffentlichen Gebäuden mit starkem Publikumsverkehr ab 250 m² Nutzfläche eine Aushangpflicht für Energieausweise.

- **Rathaus**

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch liegt im Dreijahresdurchschnitt etwa bei 51.400 kWh/a. Der Stromverbrauch mit 11.120 kWh ist in 2020 um 25 % gegenüber 2019 zurückgegangen.

Abbildung 32: Benchmark Rathaus



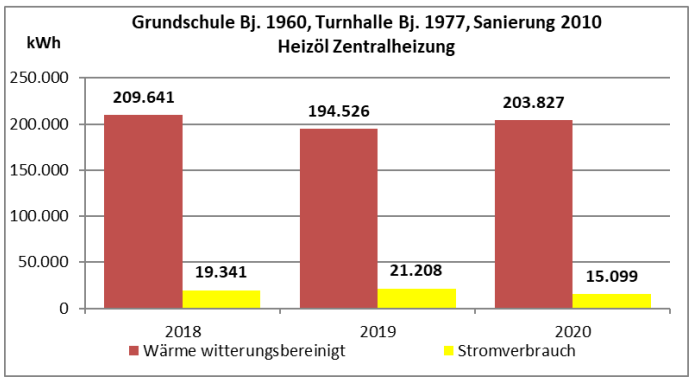


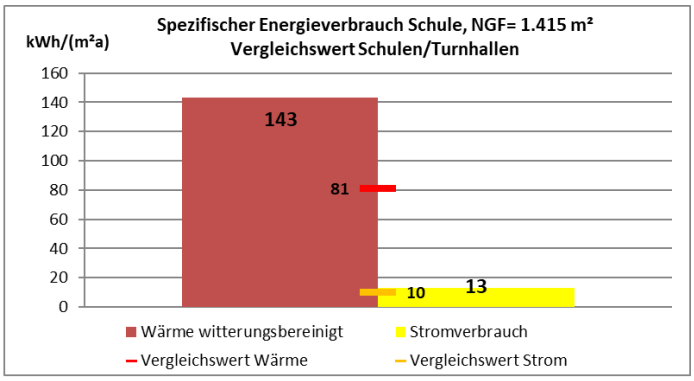
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt mit 75 kWh/m² deutlich über dem Vergleichswert für Verwaltungsgebäude mit 49 kWh/m². Dies ist auf die historische Gebäudesubstanz des Rathauses zurückzuführen. Der Stromverbrauch liegt mit 19 kWh/a um 36 % darüber.

- **Grundschule mit Turnhalle**

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der letzten drei Jahre liegt im Durchschnitt bei rund 200.000 kWh/a. Der Stromverbrauch ist hier in 2020 um 29 % gegenüber 2019 zurückgegangen.

Abbildung 33: Benchmark Schulzentrum





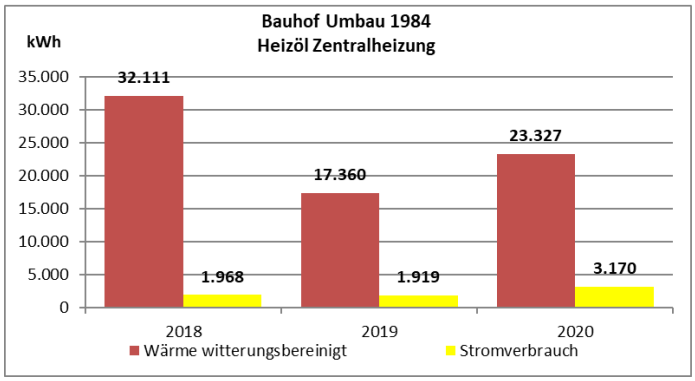
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt mit 143 kWh/m² um 76 % über dem Vergleichswert für Schulen. Hier besteht erhöhter Handlungsbedarf, um den Wärmeverbrauch zu reduzieren. Der Stromverbrauch liegt um 3 kWh/a über dem Vergleichswert, auch hier ist Einsparpotenzial vorhanden. Das Schulareal wird im Rahmen einer Gebäudebegehung detailliert untersucht und bewertet.

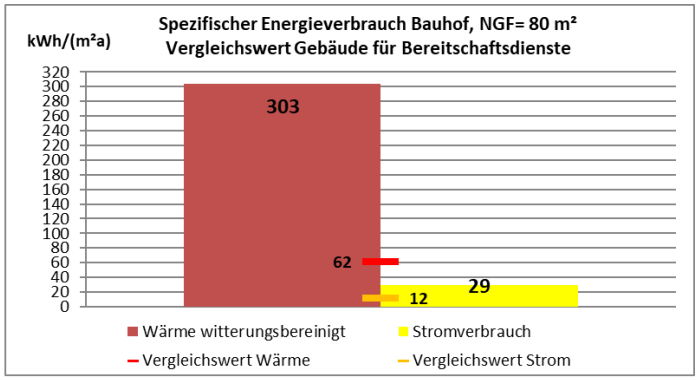
3 Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, April 2021

- **Bauhof**

Der Wärmeverbrauch war in den Jahren 2019 und 2020 deutlich geringer als 2018. Der Stromverbrauch ist dagegen in 2020 um 65 % angestiegen.

Abbildung 34: Benchmark Bauhof



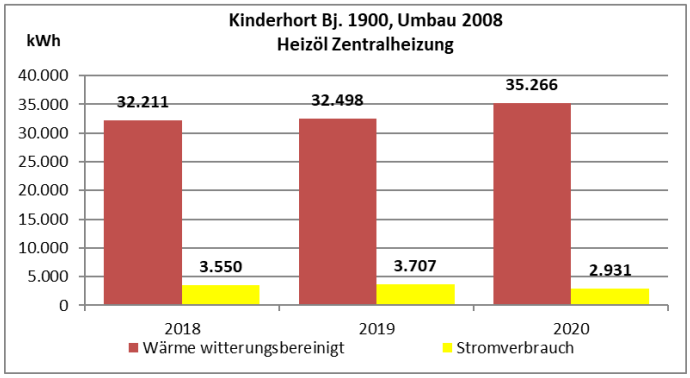


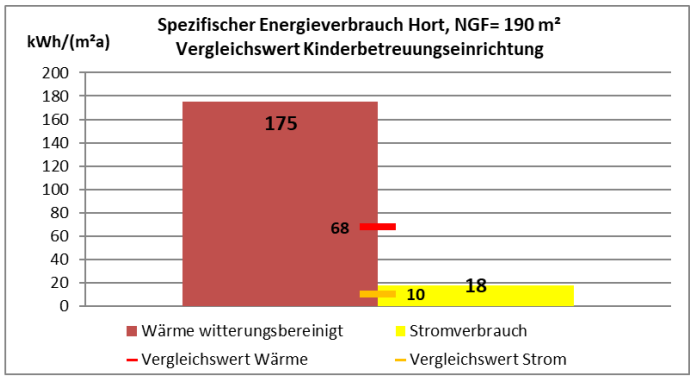
Der spezifische Wärme- und Stromverbrauch liegt deutlich über den Vergleichswerten für Gebäude von öffentlichen Bereitschaftsdiensten. Bei der Flächenangabe fehlen offensichtlich die Werkstätten und Fahrzeughallen.

- **Kinderhort**

Der Wärmeverbrauch ist in 2020 auf über 35.000 kWh angestiegen. Der Stromverbrauch hat sich dagegen auf unter 3.000 kWh reduziert.

Abbildung 35: Benchmark Kinderhort



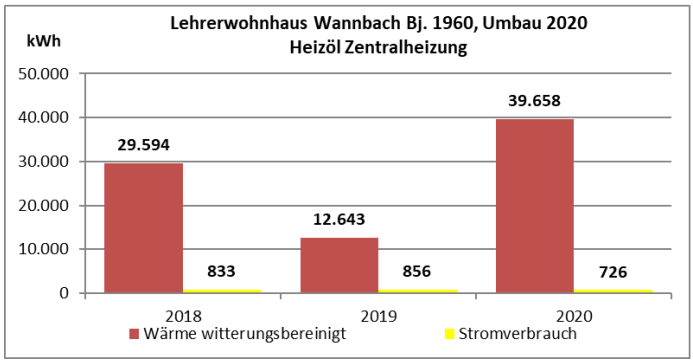


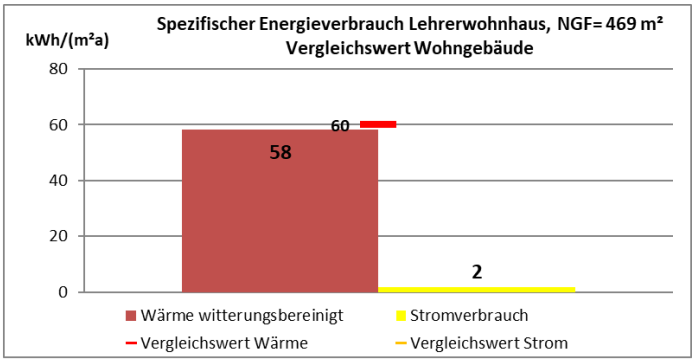
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt mit 175 kWh/m² um mehr als das Doppelte über dem Vergleichswert für Kinderbetreuungseinrichtungen. Auch ist der Stromverbrauch mit 18 kWh/m² beinahe doppelt so hoch.

- **Ehemaliges Lehrerwohnhaus**

Beim ehemaligen Lehrerwohnhaus schwankt der Wärmebedarf der letzten drei Jahre je nach Nutzung sehr stark. Die Angaben für den Stromverbrauch sind lediglich für den Allgemeinstrom wie Treppenhausbeleuchtung.

Abbildung 36: Benchmark ehemaliges Lehrerwohnhaus



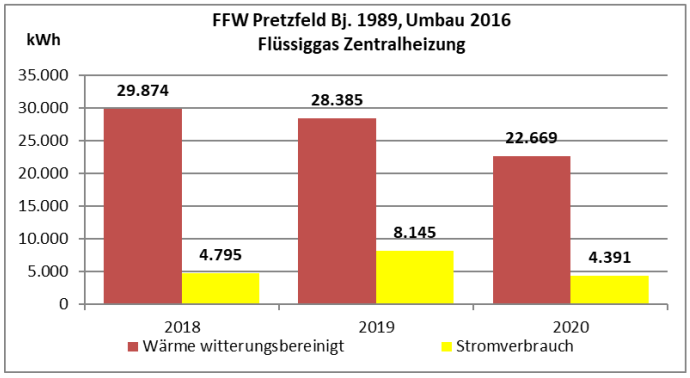


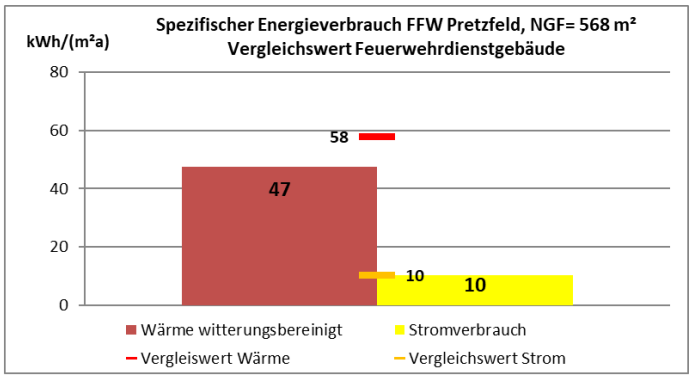
Der Vergleichswert Wärme ist aufgrund der Schwankungen wenig aussagekräftig. Auch der Stromkennwert hat hier keine Aussagekraft.

- **FFW Pretzfeld**

Beim FFW Pretzfeld ist der Wärmeverbrauch in den letzten drei Jahren um knapp 25 % zurückgegangen. Der Stromverbrauch hatte in 2019 einen Ausreißer nach oben, liegt ansonsten um die 4.500 kWh/a.

Abbildung 37: Benchmark FFW Pretzfeld



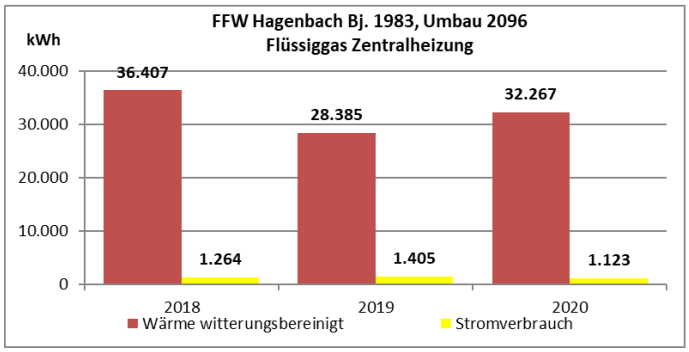


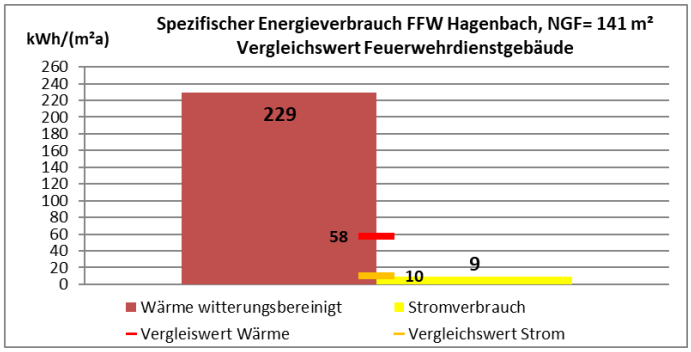
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt mit 47 kWh/m² deutlich unter dem Vergleichswert für Feuerwehrdienstgebäude. Der Stromverbrauch entspricht im Dreijahresdurchschnitt dem Vergleichswert, in den Jahren 2018 und 2020 liegt er deutlich darunter.

- **FFW Hagenbach**

In den letzten drei Jahren beträgt der Wärmeverbrauch durchschnittlich 32.400 kWh/a. Der Stromverbrauch ist relativ konstant um die 1.260 kWh/a.

Abbildung 38: Benchmark FFW Hagenbach



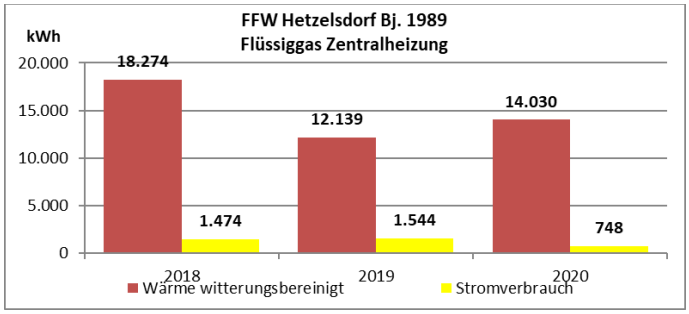


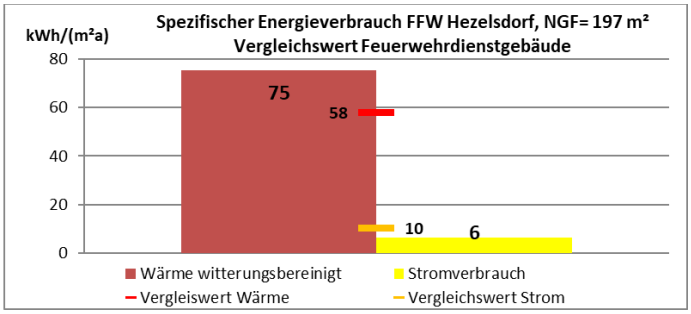
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt wie beim Bauhof sehr deutlich über dem Vergleichswert. Der Stromverbrauch liegt knapp darunter.

- **FFW Hetzelsdorf**

Auch beim FFW Hetzelsdorf schwanken die Wärmeverbräuche stark. Der Dreijahresdurchschnitt beträgt 14.800 kWh/a. Der Stromverbrauch hat sich in 2020 gegenüber den Vorjahren halbiert.

Abbildung 39: Benchmark FFW Hagenbach



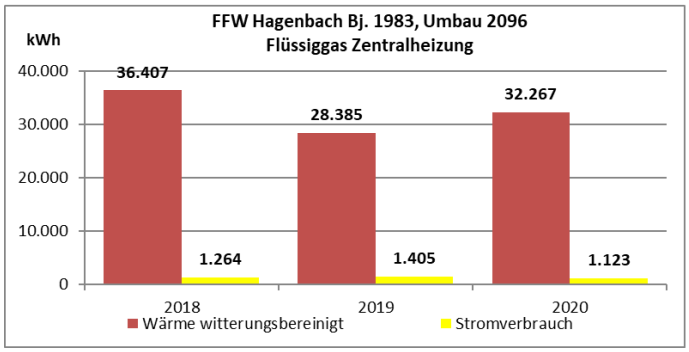


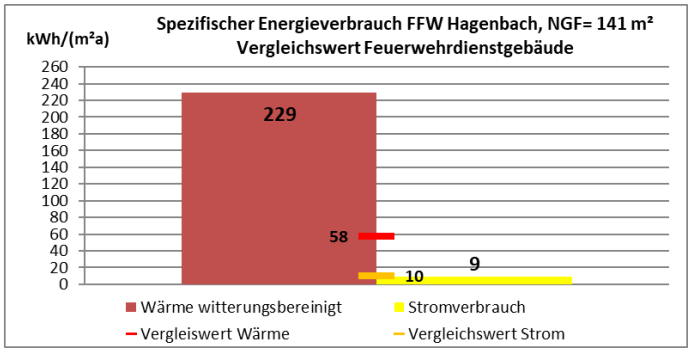
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt um 30 % über dem Vergleichswert, der Stromverbrauch mit 6 kWh/m² deutlich darunter.

- **FFW Hagenbach**

In den letzten drei Jahren beträgt der Wärmeverbrauch durchschnittlich 32.400 kWh/a. Der Stromverbrauch ist relativ konstant um die 1.260 kWh/a.

Abbildung 40: Benchmark FFW Hagenbach



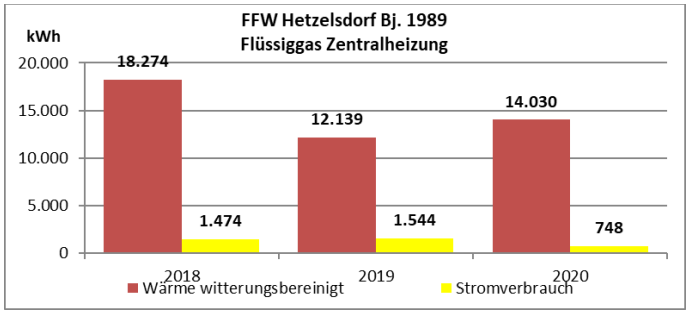


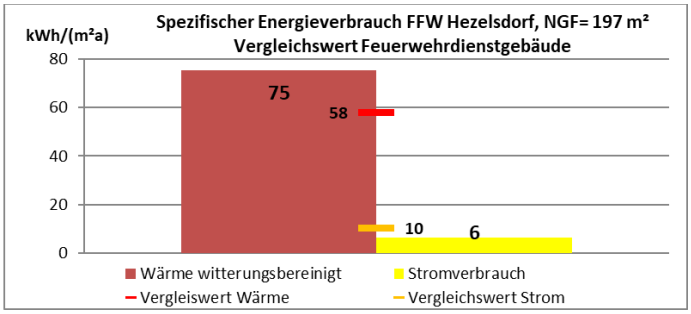
Der spezifische Wärmeverbrauch liegt wie beim Bauhof sehr deutlich über dem Vergleichswert. Der Stromverbrauch liegt knapp darunter.

- **FFW Hetzelsdorf**

Auch beim FFW Hetzelsdorf schwanken die Wärmeverbräuche stark. Der Dreijahresdurchschnitt beträgt 14.800 kWh/a. Der Stromverbrauch hat sich in 2020 gegenüber den Vorjahren halbiert.

Abbildung 41: Benchmark FFW Hagenbach



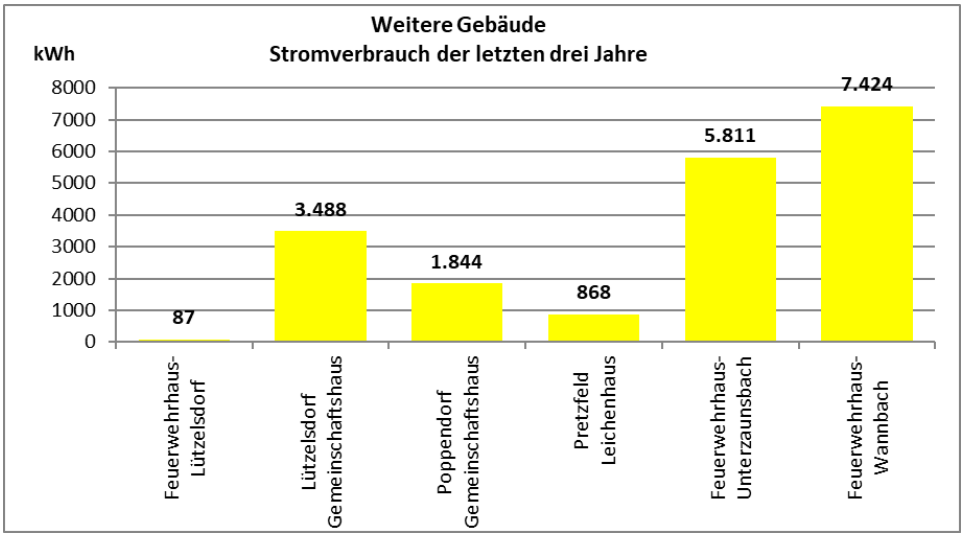


Der spezifische Wärmeverbrauch liegt um 30 % über dem Vergleichswert, der Stromverbrauch mit 6 kWh/m² deutlich darunter.

- **Weitere kommunale Gebäude**

Folgende Abbildung zeigt die weiteren Gebäude, die lediglich einen Stromverbrauch haben, der teilweise auch als Heizstrom eingesetzt wird.

Abbildung 42: Stromverbrauch weitere Gebäude

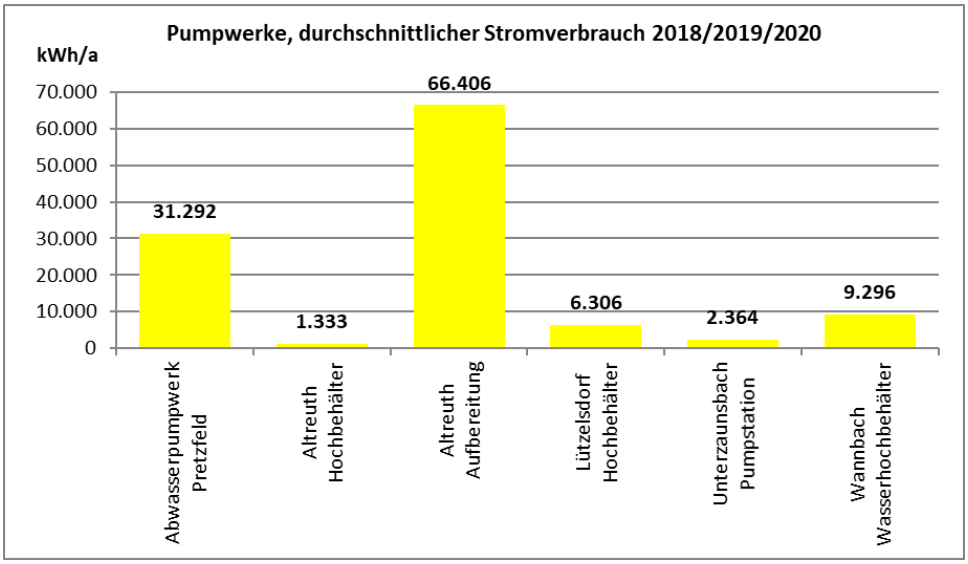


Hier sind das FFW Wannbach und FFW Unterzaunsbach die größten Verbraucher.

- **Pumpwerke**

Im Gemeindegebiet Pretzfeld sind 5 Pumpwerke in Betrieb.

Abbildung 43: Stromverbrauch Pumpwerke



Mit knapp 66.400 kWh/a verursacht das Pumpwerk Altreuth Aufbereitung den mit Abstand höchsten Stromverbrauch. Auch das Abwasserpumpwerk Pretzfeld ist mit rund 31.000 kWh/a ein großer Stromverbraucher.

Für beide Pumpwerke wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hinsichtlich PV-Nutzung erstellt.

3.1.1 Chancen Kommunales Energiemanagement (KEM)

Durch die Einführung eines Kommunalen Energiemanagements wird die Kommune in die Lage versetzt, die Energieverbräuche der eigenen Liegenschaften zu erfassen, regelmäßig zu überprüfen, Fehlentwicklungen zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Ebenfalls kann durch das Energiemanagement die Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen überprüft und gegebenenfalls nachgesteuert werden.

Wesentliche Bestandteile:

- Erfassen des Gebäudebestandes und der für den Energieverbrauch maßgeblichen Bestandteile (Stammdaten):
    - Aufnahme der Zähler/Zählerstruktur
    - Erfassung der Referenzwerte (Fläche (BGF), Schüleranzahl, Betriebsstunden etc.)
    - Erstbegehung mit Aufnahme der Heizung (mit Mess-, Steuer- und Regelungstechnik)
    - Erstaufnahme weiterer Verbraucher (z.B. Lüftungsanlagen, Beleuchtung etc.)
    - Referenzwert- und Kennwertbildung
- Zu empfehlen: Web-basiertes Controlling der monatlich abgelesenen Verbrauchswerte.
- Regelmäßige Begehungen der Liegenschaft mit den Hausmeistern bzw. Gebäudeverantwortlichen zur Schwachstellenanalyse in den Bereichen Wärme, Strom und Wasser, hier insbesondere die Regelung von Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung.
- Individuelle Effizienzoptimierung in den einzelnen Gebäuden durch Verbesserungen im Anlagenbetrieb, organisatorische Verbesserungen und Nutzerbeeinflussung.
- Kontrolle und Optimierung umgesetzter Maßnahmen, Einweisung der Gebäudeverantwortlichen in neue Gegebenheiten und Betriebsoptimierung der neuen Systemkomponenten.
- Erstellung eines jährlichen Energieberichtes mit Darstellung des Energieverbrauchs, des erzielten Einsparerfolges und der Entwicklung der Kosten sowie der CO_2-Emissionen; Überprüfung und ggf. Nachjustierung der gesteckten Ziele und gemeinsame Entwicklung weiterer Maßnahmen.
- Die Schulung für Hausmeister, Nutzer und Verantwortliche der Liegenschaften setzt dort an, wo der klassische Arbeitsbereich aufhört, und stellt das Bindeglied zum Energiemanagement her. So besteht die Möglichkeit, die Effizienz der Gebäude deutlich zu verbessern.

3.2 Schulareal

Für die Grundschule mit Turnhalle erfolgte am 10.11.2021 eine Vor-Ort-Begehung, um Effizienzpotenziale der Gebäudehülle und der Anlagentechnik aufzuzeigen.

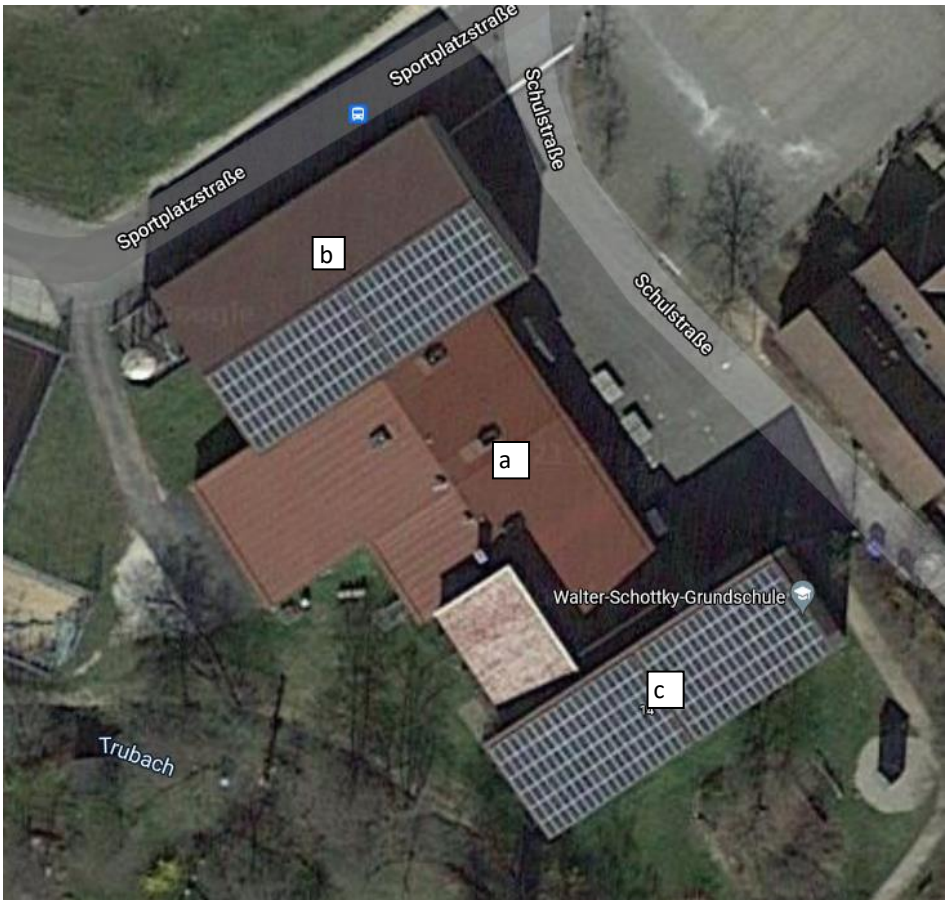
Das Schulareal in Pretzfeld umfasst insgesamt ca. 1.415 m² beheizte Nettogrundfläche und folgende Gebäudeteile:

a) Grundschule mit Eingang und Pausenhalle, 4 Schulklassen, Lehrer- und Lehrmittelzimmer, Sanitärräume, Werkraum und Schulküche, die Heiz- und Lüftungszentrale befindet sich im Untergeschoss. Eröffnung am 03.09.1960.

b) Turnhalle, Eröffnung am 01.02.1977

c) Schulhauserweiterung in Abschnitten 1983-1986: 2 weitere Klassenräume, Mehrzweckraum, Arztzimmer, Schularchiv, Bibliothek und Schulleiterzimmer.

Abbildung 44: Luftbild Schulzentrum



Quelle: Bayernatlas

Weitere, durchgeführte Maßnahmen:

- 1985: Flachdachsanierung Turnhalle+ Nebenräume, Holzbinder-Satteldach 10° Neigung, ca. 16 cm Dämmung.
- 1988: Flachdachsanierung Klassentrakt, Holzbinder-Pultdach 10° Neigung, vermutlich mit Dämmung.

- 2010: Austausch Fenster und Glastüren gegen Kunststoffrahmen mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und Raffstores als Sonnenschutz. Teilweise Austausch der Beleuchtung gegen LED.

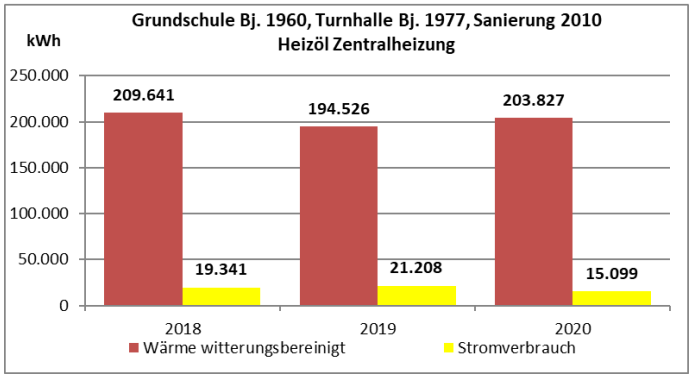
Die PV-Anlagen auf den Gebäuden sind Volleinspeiseranlagen. Die Anlagen können nach Ablauf der EEG-Vergütung auf Strom-Eigenverbrauch umgestellt werden.

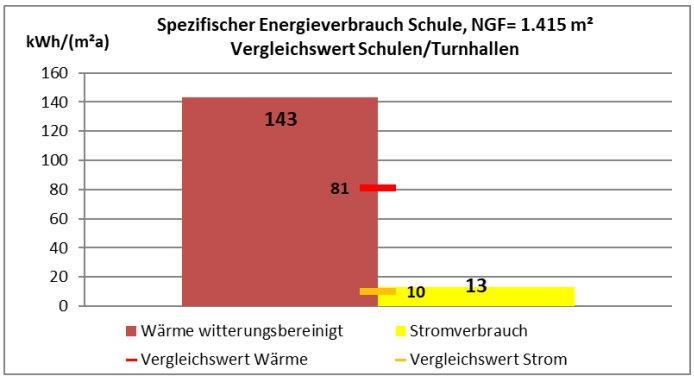
Derzeit werden 4 Klassen unterrichtet.

3.2.1 Bewertung Bestandsgebäude

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch der letzten drei Jahre liegt im Durchschnitt bei rund 200.000 kWh/a. Der Stromverbrauch ist in 2020 um 29 % gegenüber 2019 zurückgegangen, der Rückgang steht aber ein keinem Zusammenhang mit Effizienzmaßnahmen. Durchschnittlich beträgt der jährliche Stromverbrauch ca. 18.550 kWh.

Abbildung 45: Benchmark Schulzentrum





Der spezifische Wärmeverbrauch liegt mit 143 kWh/m² um 76 % über dem Vergleichswert für Schulen. Der Stromverbrauch liegt um 3 kWh/a über dem Vergleichswert.

3.2.1.1 Gebäudehülle

Abbildung 46: **Haupteingang zur Aula, Nord-Ost Ansicht**

Außenwände Flur (Bild rechts) Sandwichelemente mit Waschbetonverkleidung, Außenwände Klassentrakt (Bild links) Mauerwerk ca. 30 cm dicke.

Außenwände der Baualtersklassen bis zur 2. Wärmeschutzverordnung (WSVO) im Jahr 1984 haben schlechte energetische Eigenschaften, die hohe Wärmeverluste verursachen und unter Umständen auch zu Tauwasserbildung und Schimmelpilzbildung führen können.

Abbildung 47: Süd-Ost Ansicht Klassentrakt

Großflächige Verglasung der Klassenräume. Bei den Sanierungsmaßnahmen im Jahr 2010 wurden die Fenster und Glastüren gegen Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Raffstores dienen als außenliegender Sonnenschutz.

Abbildung 48: Detailansicht neue Fenster

Leider wurde bei der Sanierung 2010 versäumte, eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung zu beauftragen.

Abbildung 49: Nordansicht Turnhalle

Außenwände Turnhalle: Sandwichelemente mit Waschbetonverkleidung (hohe Wärmeverluste).

Abbildung 50: Innenansicht Turnhalle

Die Profilitverglasung in der Turnhalle wurde im Rahmen der Fenstersanierung 2001 nicht erneuert. Profilitverglasung der Baualtersklasse aus den 70er-Jahren hat sehr schlechte Dämmeigenschaften.

Tabelle 3: Bewertung Gebäudehülle Schulzentrum

GEG -Referenzgebäude Anlage 2 (zu GEG § 18 Absatz 1)			Bestandsbauteile Grundschule/Turnhalle Pretzfeld			Höchstwerte für Erneuerung von Bauteilen Anlage 7 (zu GEG § 48)
Bauteil	**U-Wert (W/m²K)**	**Bauteil**	**Aufbau**	**U-Wert**	**Verhältnis zu Referenz**	**U-Wert**
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	**Dächer**	Flachdächer saniert mit Holzbinder und Deckung, ca. 16 cm Dämmung	0,24	120%	0,24
Außenwand	0,28	**Außenwand**	Waschbeton-Sandwichelemente Mauerwerk (Hochlochziegel)	1,00	357%	0,24
Fenster	1,30	**Kunststofffenster**	2-Scheiben Wärmeschutzverglasung	1,50	115%	1,30
Fenster	1,30	**Turnhalle**	Profilitverglasung	3,20	246%	1,30
Außentüre	1,80	**Außentüren**	Türen und Tore	3,00	167%	1,80
Boden gegen Erdreich	0,35	**Boden auf Erdreich**	Massivdecke (ohne TSD)	1,20	343%	0,50
U-Wert opake Außenbauteile	0,34		U-Wert opake Außenbauteile	0,59	174%	
U-Wert, transparente Außenbauteile	1,80		U-Wert, transparente Außenbauteile	1,90	106%	
Wärmebrückenfaktor	0,05		Wärmebrückenfaktor	0,10	200%	

Die U-Werte für den Bestand sind ca. Werte und entsprechen typischen Bauteilen der 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.

Der U-Wert beschreibt den energetischen Zustand eines Bauteils. Umso kleiner der Wert, desto Energieeffizienter ist das Bauteil.

Die gedämmten Dächer entsprechen gerade so den Anforderungen an die Erneuerung von Bauteilen. Die erneuerten Fenster von 2010 liegen knapp über dem Anforderungswert. Bei allen anderen Bauteilen ist durch eine energetische Sanierung ein hohes Einsparpotenzial vorhanden.

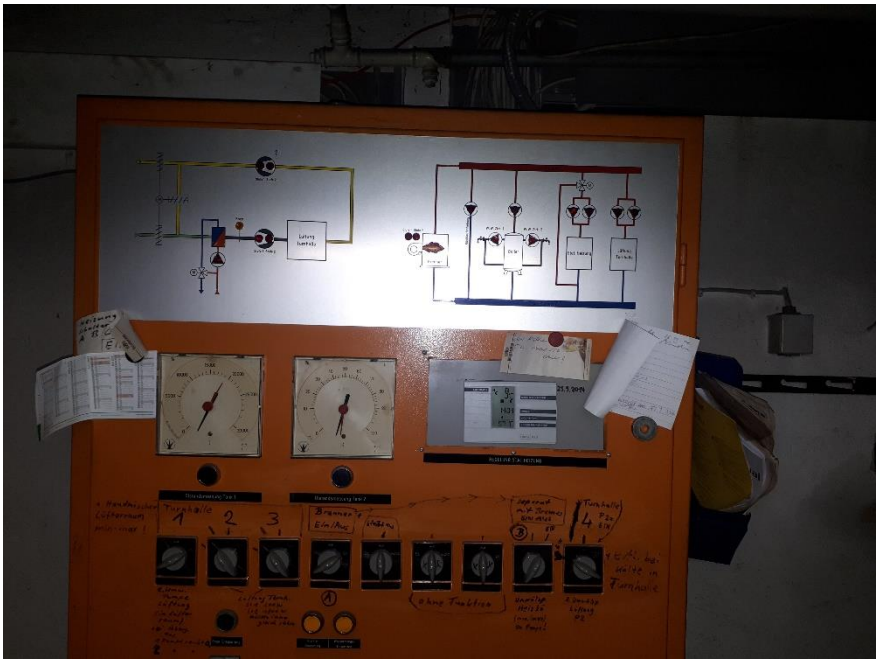
3.2.1.2 Heizungstechnik/Warmwassererzeugung

Abbildung 51: Heizraum Mittelschule

Buderus Heizölkessel, Leistung 300 kW, Baujahr 1986

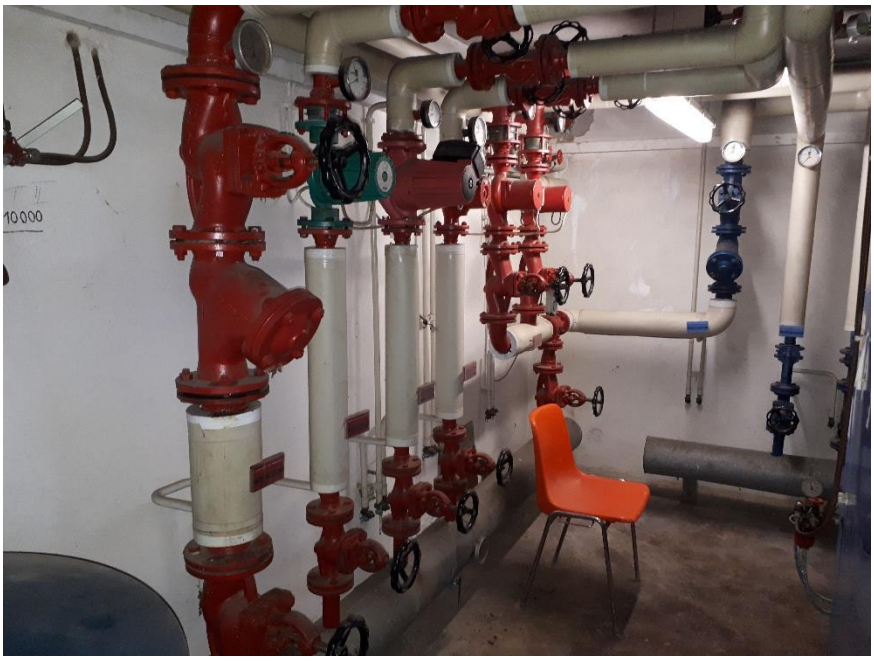
Der Brenner wurde erneuert, das Erneuerungsdatum konnte nicht ermittelt werden. Es sind zwei Heizöltanks mit 10.000 und 30.000 Litern vorhanden.

Abbildung 52: Heizungsregelung



Die Heizungsregelung ist defekt. Für die Temperaturabsenkung und sonstige regelungstechnische Maßnahmen ist der manuelle Eingriff des Hausmeisters nötig.

Abbildung 53: Heizkreisverteilung



Es sind drei Heizkreise vorhanden:

- Radiatoren (Heizkörper) Schulgebäude
- Lüftung Turnhalle
- Kesselanhebung

Abbildung 54: Heizungspumpen

Eine Heizungspumpe wurde durch eine leistungsgeregelte Grundfospumpe ersetzt, die anderen Pumpen sind noch komplett ungeregelt und führen dadurch zu einem erhöhten Strom und Wärmeverbrauch.

Abbildung 55: Heizkörper 1

Die Wärmeübergabe im Schulgebäude erfolgt hauptsächlich über Austausch-Plattenheizkörper mit konventionellen Thermostatventilen.

Abbildung 56: Heizkörper 2

Teilweise sind auch noch alte Stahlradiatoren vorhanden, die wie hier im Bild auch ab und an durch Mobiliar verstellt sind. Hierdurch ist keine effiziente Wärmeübergabe möglich.

Abbildung 57: Sanitärräume Warmwasser Durchlauferhitzer

Die Warmwasserbereitung wurde im Rahmen der Sanierung von 2011 auf eine dezentrale Erzeugung mit Strom-Durchlauferhitzern umgestellt. Da ohnehin kein besonders hoher Warmwasserbedarf vorhanden ist, werden hierdurch Speicherverluste und die Legionellenproblematik vermieden.

<u>Handlungsempfehlung Heizungstechnik Schulgebäude:</u>

- Der Heizkessel ist über 30 Jahre alt und sollet dringend erneuert werden.
- Auch die defekte Heizungsregelung genauso wie die Heizungsverteilung (Pumpen) komplett erneuert werden.
- Die alten Stahlradiotoren sollten ausgetauscht und an geeigneter Stelle Heizkörper installiert werden.

3.2.1.3 Luftheizung Sporthalle

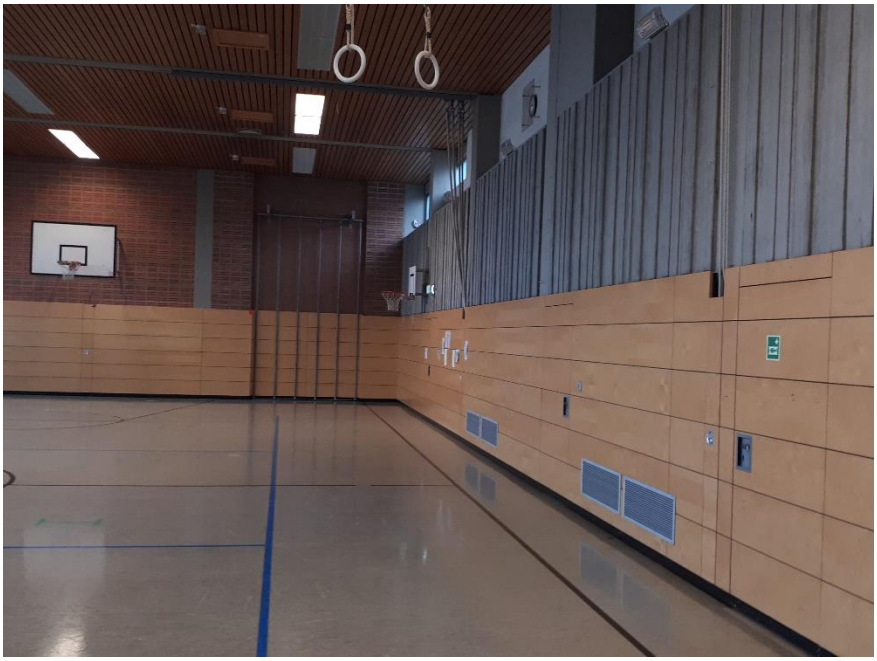
Abbildung 58: Luftheizung Sporthalle

Die Sporthalle wird über eine Lüftungsanlage beheizt. Die Anlage muss manuell durch den Hausmeister geregelt werden. Die Luftheizung ist aktuell auf Umluftbetrieb gestellt, da die Halle ansonsten nicht warm wird.

Abbildung 59: Einblasöffnungen Sporthalle

Die warme Luft wird über Einblasöffnungen im Deckenbereich in die Halle eingebracht

Abbildung 60: Absaugung Sporthalle



und über Absaugöffnungen im „Sockelbereich“ abgeführt.

<u>Handlungsempfehlung Luftheizung:</u>

- Die Steuerung der Lüftung ist defekt und die Heizleistung ist nur im Umluftbetrieb ausreichend, um die Halle zu beheizen.
- Es sollte eine komplett neue Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) installiert werden.

3.2.1.4 Beleuchtung

Abbildung 61: Klassenzimmer mit Leuchtstoffröhren

Im Schulgebäude sind in erster Linie Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) installiert. Bei Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät (KVG) verbraucht das Vorschaltgerät zusätzlich zu der Leuchtstoffröhre elektrische Energie.

Abbildung 62: Klassenzimmer mit LED-Röhren

In machen Räumen wurden im Rahmen der Sanierung 2011 neue LED-Röhren installiert.

Abbildung 63: Sporthalle mit Leuchtstoffröhren

Auch in der Turnhalle sind noch Leuchtstoffröhren mit KVG installiert.

<u>Handlungsempfehlung Beleuchtung:</u>

- 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 Retrofit LED Röhre reduziert sich die Leistung um über 50% auf ca. 29 W. Auch haben LED Leuchten eine deutlich höhere Lebensdauer von bis zu 50.000 Stunden.
- Umstellen der gesamten Beleuchtung auf LED-Technik.
- Tageslichtabhängige Regelung (die Beleuchtungsstärke passt sich an die Lichtverhältnisse an) mit Anwesenheitsdetektion in der Turnhalle.
- Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen wie WC, Sanitär, usw.

3.2.2 Sanierungskonzept Schulzentrum

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

- **Sanierung Einzelmaßnahmen nach Anforderungen BEG**
- **Effizienzgebäude 100 nach Anforderungen BEG**

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

3.2.2.1 Fördermöglichkeiten

Die Bundesförderung Energieeffiziente Gebäude (Nichtwohngebäude) fördert energieeffiziente Einzelmaßnahmen und die Komplettsanierung zum Effizienzgebäude mit unterschiedlichen Förderhöhen. Die Förderung kann als reiner Zuschuss oder als zinsgünstiges Darlehen mit Tilgungszuschuss in Anspruch genommen werden. Folgende Zuschusshöhen sind derzeit möglich:

Einzelmaßnahmen:

- Gebäudehülle: 20 %
- Sommerlicher Wärmeschutz: 20 %
- Effiziente Innenbeleuchtung: 20 %
- Lüftungsanlagen mit WRG: 20 %
- Regelungstechnik: 20 %
- Heizungsanlage mit Biomasse*: 40 %

  bei Austausch einer Ölheizung: 50 %

*mit einem Emissionsgrenzwert für Feinstaub von max. 2,5 mg/m^3

Die Förderhöchstgrenze beträgt 1.000 € je m² beheizte Nettogrundfläche (NGF). Beim Schulzentrum mit 1.415 m² NGF beträgt die Förderhöchstgrenze 1.42 Mio. €.

Effizienzgebäude:

- **Effizienzgebäude 100: 27,5 %**
- Effizienzgebäude 70: 35,0 %
- Effizienzgebäude 55: 40,0 %
- Effizienzgebäude 40: 45,0 %

Bei Erreichen eines Effizienzgebäudes mit **EE-Klasse** (Beheizung mit mindestens 55 % Erneuerbaren Energien) erhöht sich der Fördersatz um jeweils **5 %**. Die Förderhöchstgrenze beträgt 2.000 € je m² beheizte Nettogrundfläche (NGF). Beim Schulzentrum mit 1.415 m² NGF beträgt die Förderhöchstgrenze 2,83 Mio. €.

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.

3.2.2.2 Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle und Beleuchtung

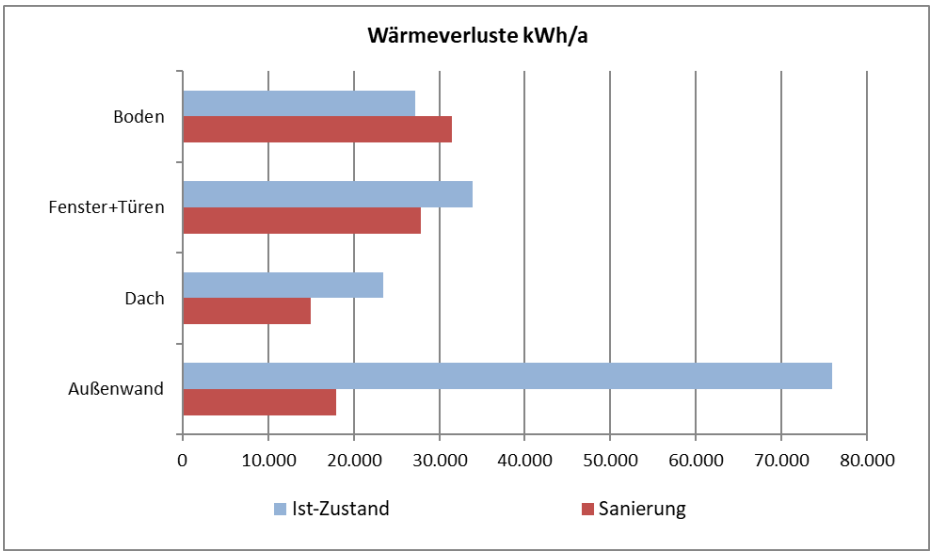
Ziel dieser Sanierungsvariante ist es, den 20-prozentigen Zuschuss, der für energieeffiziente Einzelmaßnahmen für die Gebäudehülle und für die Beleuchtung, zu erhalten. Hierfür werden folgende Sanierungsmaßnahmen angesetzt:

- Dach: Zusatzdämmung 12 cm (WLG[4] 035)
- Außenwände: Dämmung mit 16 cm Dämmstoffdicke (WLG 035)
- Fenster: Bestehende Kunststofffenster mit 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung

  Hier ist ein Fenstertausch nach 10 Jahren nicht sinnvoll, der Einspareffekt wäre auch relativ gering.
- Profilitverglasung Turnhalle: Kunststofffenster mit 3 Scheiben-Wärmeschutzverglasung
- Türen/Tore: Austausch gegen neue dichtschließende Elemente
- Erdberührende Bauteile (Wände, Bodenplatte): keine Maßnahme, da nicht zu rechtfertigender hoher Aufwand
- Umstellung Beleuchtung auf LED, mit tageslichtabhängiger Regelung und Anwesenheitsdetektion für die Turnhalle sowie Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen

Folgende Abbildung zeigt die Einspareffekte durch die Sanierungsmaßnahmen:

Abbildung 64: Einsparpotenzial Einzelmaßnahmen Gebäudehülle



[4] 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.

Die mit Abstand größten Wärmeverluste entstehen durch die ungedämmten Außenwände. Hier ist eine Reduktion von knapp 80 % vorhanden. Durch den Austausch der Profilitverglasung und der Bestehenden Türen und Tore können hier Wärmeverluste um ca. 18 % sinken. Die zusätzliche Dachdämmung spart rund 8.400 kWh/a. Bei einer energetischen Verbesserung von Außenbauteilen steigen die Wärmeverluste von unsanierten Bauteilen (hier Bodenplatte) an.

Für das gesamte Schulzentrum wird eine komplette Umstellung auf LED empfohlen. Mit tageslichtabhängiger Regelung und Anwesenheitsdetektion für die Turnhalle sowie Bewegungsmelder in Fluren und Nebenräumen (siehe Handlungsempfehlung Beleuchtung). Hierdurch ist eine Stromeinsparung von rund 5.400 kWh jährlich möglich.

Folgende Tabelle zeigt die Anforderungen für Maßnahmen der Gebäudehülle:

Tabelle 1: Maßnahmen Gebäudehülle Einzelmaßnahmen und energetische Bewertung

GEG -Referenzgebäude Anlage 2 (zu GEG § 18 Absatz 1)			Bestandsbauteile Grundschule/Turnhalle Pretzfeld			Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle			Vorgaben BEG Einzelmaßnahmen
Bauteil	**U-Wert (W/m²K)**	**Bauteil**	**Aufbau**	**U-Wert**	**Verhältnis zu Referenz**	**Maßnahme**	**U-Wert**	**Verhältnis zu Referenz**	**U-Wert**
Dach/Oberste Geschossdecke	0,20	**Dächer**	Flachdächer saniert mit Holzbinder und Deckung, ca. 16 cm Dämmung	0,24	120%	Zusatzdämmung 12 cm WLG 035	0,13	65%	0,14
Außenwand	0,28	**Außenwand**	Mauerwerk (Hochlochziegel)	1,00	357%	Dämmung 16 cm WLG 035	0,18	64%	0,20
Fenster	1,30	**Kunststofffenster**	2-Scheiben Wärmeschutzverglasung	1,50	115%	keine Maßnahme	1,50	115%	0,95
Fenster	1,30	**Turnhalle**	Profilitverglasung	3,20	246%	3-Scheiben Wärmeschutz-verglasung	0,90	69%	0,95
Außentüre	1,80	**Außentüren**	Türen und Tore	3,00	167%	Neue Türen und Tore	1,30	72%	1,30
Boden gegen Erdreich	0,35	**Boden auf Erdreich**	Massivdecke (ohne TSD)	1,20	343%	keine Maßnahme	1,20	343%	0,35
U-Wert opake Außenbauteile	0,34		U-Wert opake Außenbauteile	0,59	174%	U-Wert opake Außenbauteile	0,33	97%	
U-Wert, transparente Außenbauteile	1,80		U-Wert, transparente Außenbauteile	1,90	106%	U-Wert, transparente Außenbauteile	1,40	78%	

Bei der Bauausführung ist auf eine wärmebrückenfreie und luftdichte Ausführung zu achten. Dies kann nur durch eine kompetente Planung und Baubegleitung gewährleistet werden. Insgesamt reduzierte sich der U-Wert der opaken Bauteile von 0,59 auf 0,33 W/m²K und liegt somit unter dem Neubaustandard.

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 dar, sowie Mehrkosten für die Beleuchtung und die heizungstechnischen Maßnahmen.

Tabelle 2: Investitionen, Energieeinsparung Einzelmaßnahmen

Maßnahme Gebäudehülle BEG Einzelmaßnahmen	Bauteilfläche	Invest je Bauteilfläche	Investitionen gesamt (brutto)	BEG-Zuschuss Einzelmaßnahmen 20%	Investitionen abzüglich Zuschuss	Energiebedingte Mehrkosten abzgl Zuschuss	Energie-einsparung	Einsparung Energiekosten	Einsparung Energiekosten mit Preissteigerung 2,5%/a	Amortisation Mehrkosten	CO2-Einsparung
Dachfläche zusätzliche Dämmung 12 cm	1.480 m²	100 €/m²	148.000 €	29.600 €	118.400 €	82.880 €	8.400 kWh/a	672 €/a	900 €/a	92,1 Jahre	2.688 kg/a
Außenwände 16 cm Dämmung	1.100 m²	150 €/m²	165.000 €	33.000 €	132.000 €	88.000 €	57.900 kWh/a	4.632 €/a	6.201 €/a	14,2 Jahre	18.528 kg/a
Fenstertausch Profilitvergl. Turnhalle 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung	63 m²	400 €/m²	25.200 €	5.040 €	20.160 €	5.040 €	4.800 kWh/a	384 €/a	514 €/a	9,8 Jahre	1.536 kg/a
Neue Türen/Tore	30 m²	500 €/m²	15.000 €	3.000 €	12.000 €	2.400 €	1.200 kWh/a	96 €/a	129 €/a	18,7 Jahre	384 kg/a
Beleuchtung LED inkl. Leuchten			25.000 €	5.000 €	20.000 €	20.000 €	5.424 kWh/a	1.600 €/a	2.142 €/a	9,3 Jahre	2.294 kg/a

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

Aus der möglichen Energieeinsparung ergibt sich mit den aktuellen Energiepreisen für Strom und Heizöl die jährliche Energiekosteneinsparung. Unter Berücksichtigung einer jährlichen, 2,5-prozentigen Energiepreissteigerung werden die durchschnittlichen Energiekosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren errechnet. Hieraus ergibt sich die Amortisation der energiebedingten Mehrkosten.

Bei der Dämmung der Außenwände ist insgesamt die höchste Energieeinsparung zu erwarten, die energiebedingten Mehrkosten haben sich hier bereits nach rund 15 Jahren amortisiert. Auch der Ersatz der Profilitverglasung ist mit einer 10-jährigen Amortisation gut darstellbar.

Die LED-Beleuchtung im Vollkostenansatz amortisieren sich bereits nach 9 Jahren.

Die zusätzliche Dachdämmung hat einen relativ geringen Einspareffekt und dadurch als Einzelmaßnahmen eine lange Amortisationszeit. Bei der Sanierung zum Effizienzgebäude ist diese Maßnahme allerding unabdingbar, um den nötigen Anforderungswert zu erreichen.

3.2.2.3 Sanierung Einzelmaßnahme Wärmeerzeugung

Im Folgenden wird der Ersatz des über 30 Jahre alten Heizölkessels einer neuen Hackschnitzelversorgung und eines neuen Heizöl-Brennwertkessels gegenübergestellt.

Die Berechnung erfolgt im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067. Hierbei werden die Jahresgesamtkosten der Wärmeversorgungsvarianten ermittelt.

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** (Brennstoff und Hilfsenergie)
- **Betriebsgebundene Kosten** für die einzelnen Anlagenkomponenten (Wartung, Instandsetzung)

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

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende Grundannahmen:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Der Kapitalmarkt-Zinssatz beträgt 2,0

- Brennstoffkosten brutto:
  - Hackschnitzel 89 €/Tonne 2,84 ct/kWh
  - Strom 29,52 ct/kWh
  - Heizöl 80 ct/Liter 8,00 ct/kWh

- Folgende jährliche Preissteigerungsraten werden angesetzt:
  - Hackschnitzel 1,0 %
  - Strom 2,5 %
  - Heizöl 2,5 %

3.2.2.3.1 Maßnahme Heizöl-Brennwertkessel

Austausch des bestehenden Ölkessels gegen einen neuen Heizöl-Brennwertkessel. Für die Brennwertnutzung ist eine Sanierung des Schornsteines nötig. Hierbei wird ein Kunststoffrohr in den bestehenden Kamin eingebracht, da das Abgas nur noch eine geringe Temperatur aufweist. Zusätzlich wird eine neue Regelungs- und Verteiltechnik mit neuen Hocheffizienzpumpen berücksichtigt.

Durch diese Maßnahmen ist eine Verbrauchsreduktion von mindestens 10 % bzw. 20.000 kWh (2.000 Liter) zu erwarten.

Bei einem Kesseltausch sollte durch ein Planungsbüro eine Heizlastberechnung durchgeführt werden, da sich durch den Fenstertausch die Heizlast reduziert.

Abbildung 65: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwertkessel Einzelmaßnahme

Heizöl-Brennwertkessel Schulzentrum				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Heizöl 2,5%				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Neuer Öl-Brennwertkessel ca. 300 kW	40.000 €	20	0,0612	2.446 €/a
Sanierung Schornstein	5.000 €	20	0,0612	306 €/a
Regelung/Verteilung Schule	15.000 €	20	0,0612	917 €/a
Baunebenkosten 18%	11.000 €	20	0,0612	673 €/a
Gesamtinvestitionen	**71.000 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)				**4.300 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**5.100 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	aktuelle Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchsgebundene Kosten Heizöl	12.100 €/a	**2,50**	1,2607	15.300 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	**12.100 €/a**			**15.300 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**14.400 €/a**			**18.200 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	aktuelle Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	1.550 €/a	1,00	1,0952	1.700 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten netto	**1.550 €/a**			**1.700 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**1.800 €/a**			**2.000 €/a**
Jahresgesamtkosten netto	**17.950 €/a**			**21.300 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**21.400 €/a**			**25.300 €/a**

Die Gesamtinvestitionen inkl. Baunebenkosten (Planungsbüro) betragen rund 70.000 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 5.100 € brutto.

Die aktuellen Heizölkosten betragen 14.400 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 2,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 18.200 € pro Jahr.

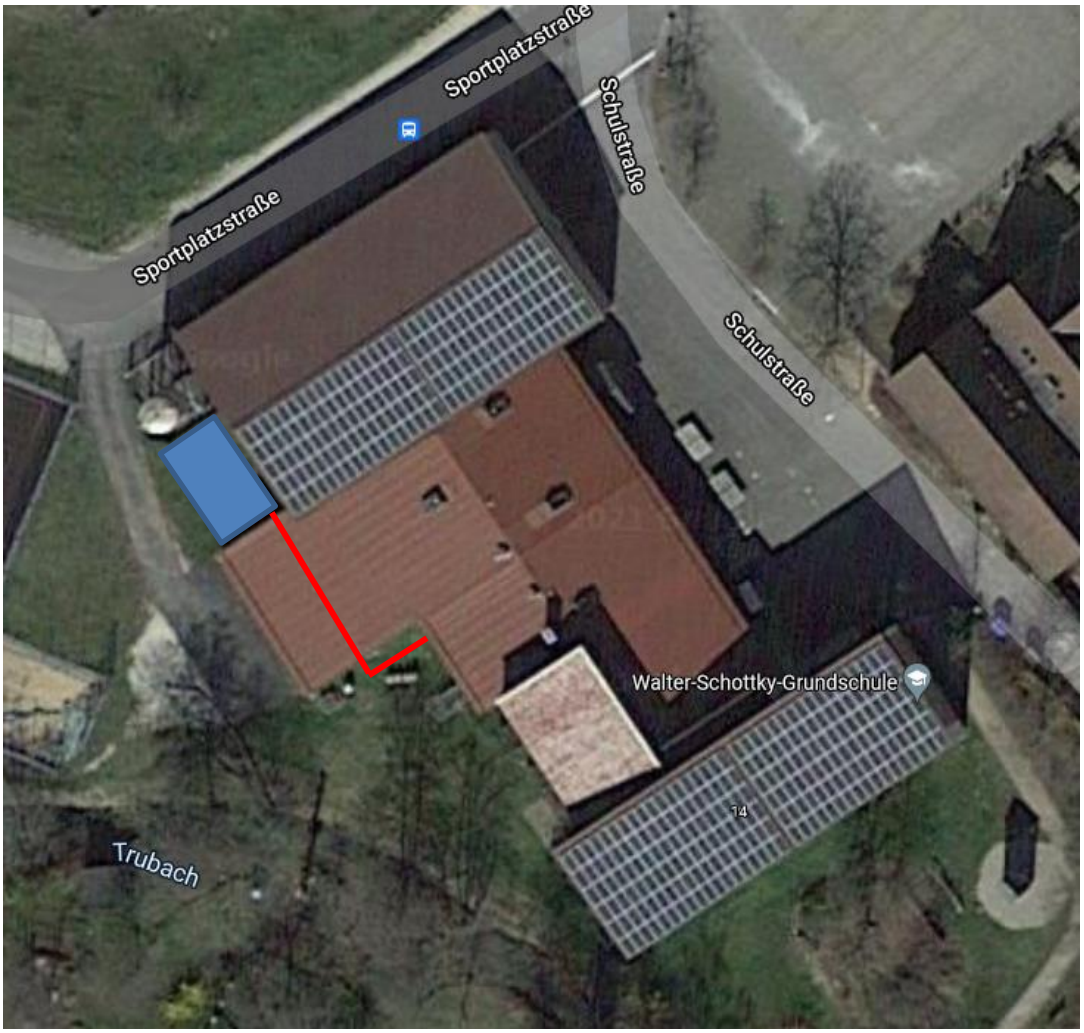
Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung und Instandsetzung belaufen sich auf 1.800 bzw. 2.000 € jährlich.

3.2.2.3.2 Maßnahme Hackschnitzelzentrale

Der Einbau einer neuen Ölheizung ist unter klimapolitischen Aspekten nicht vertretbar und aufgrund der zu erwartenden Steigerung der Weltmarktpreise und einer weiteren Anpassung der CO_2-Steuer auch nicht wirtschaftlich.

Aus diesem Grund wird eine Wärmeversorgung durch Hackschnitzel untersucht. Im Rahmen der Gebäudebegehung wurde mit dem Hausmeister Herrn Rackelmann ein geeigneter Standort für eine Hackschnitzelzentrale gesucht, da ein Standort im Schulgebäude aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist.

Abbildung 66: Möglicher Standort Hackschnitzelzentrale



Ein geeigneter Standort befindet sich neben dem Streusalzsilo, hier ist auch der Freiraum für die Hackschnitzelanlieferung gewährleistet. Über oder durch den Garagenanbau kann eine Wärmeleitung in das Untergeschoss des Schulgebäudes bis zum Heizraum verlegt werden. Hier erfolgt die Anbindung an die Heizungsverteilung im Gebäude.

Durch die Entsorgung der Heizöltanks entsteht Platz, der z.B. als Abstellraum genutzt werden kann.

Hierdurch können folgende Investitionen und Jahresgesamtkosten entstehen:

Abbildung 67: Jahresgesamtkosten Hackschnitzelzentrale Einzelmaßnahme

Hackschnitzelzentrale Schulzentrum				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1 %				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Heizhaus	100.000 €	40	0,0366	3.656 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	20.000 €	25	0,0512	1.024 €/a
Pufferspeicher 10.000 Liter (30 l pro kW)	10.000 €	20	0,0612	612 €/a
Hackschnitzelkesselkessel ca. 300 kW	60.000 €	20	0,0612	3.669 €/a
Zubehör/Beschickung Hackschnitzelkessel	30.000 €	20	0,0612	1.835 €/a
Anbindung Heizraum Schule (Wärmeleitung)	2.000 €	40	0,0366	73 €/a
Regelung/Verteilung Schule	15.000 €	20	0,0612	917 €/a
Entsorgung Öltank	10.000 €	50	0,0318	318 €/a
Baunebenkosten 18%	44.500 €	25	0,0512	2.279 €/a
Gesamtinvestitionen	**291.500 €**			14.384 €/a
Abzüglich BEG-Zuschuss 50 %	-145.800 €			-7.200 €/a
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss	**145.700 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)				**7.200 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**8.600 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchsgebundene Kosten Hackschnitzel	4.300 €/a	**1,00**	1,0952	4.700 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	**4.300 €/a**			**4.700 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**5.100 €/a**			**5.600 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Hackschnitzelkessel	3.600 €/a	1,00	1,0952	3.900 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	810 €/a	1,00	1,0952	900 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten	**4.410 €/a**			**4.800 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**5.200 €/a**			**5.700 €/a**
Jahresgesamtkosten	**15.910 €/a**			**16.700 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**18.900 €/a**			**19.900 €/a**

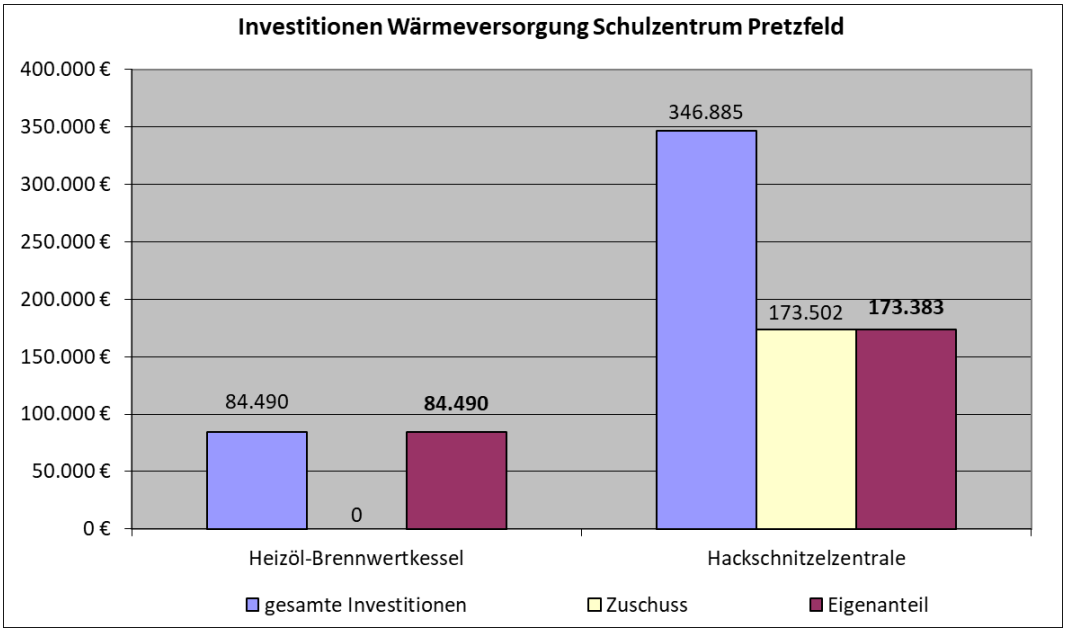
Die Gesamtinvestitionen abzüglich BEG-Zuschuss Einzelmaßnahme belaufen sich auf rund 145.000 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 8.600 € brutto.

Die aktuellen Hackschnitzelkosten betragen 5.100 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 1 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 5.600 € pro Jahr.

Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung und Instandsetzung belaufen sich auf 5.200 bzw. 5.700 € jährlich. Wobei durch einen engagierten Hausmeister die Kosten auch geringer ausfallen können.

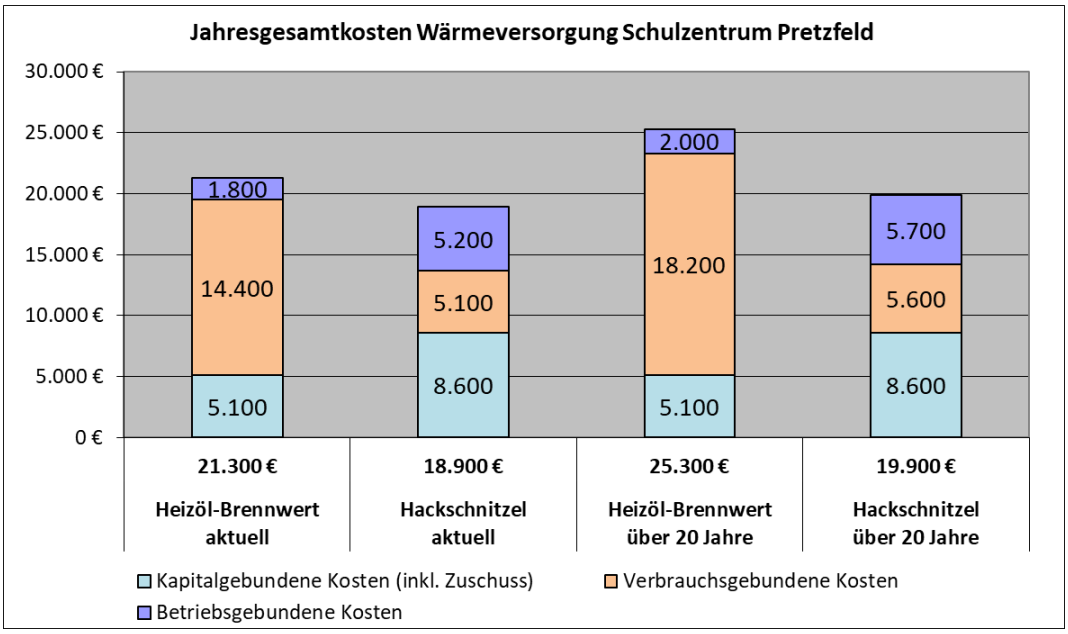
3.2.2.3.3 Variantenvergleich Einzelmaßnahme Wärmeversorgung

Abbildung 68: Investitionen Einzelmaßnahme Wärmeversorgung



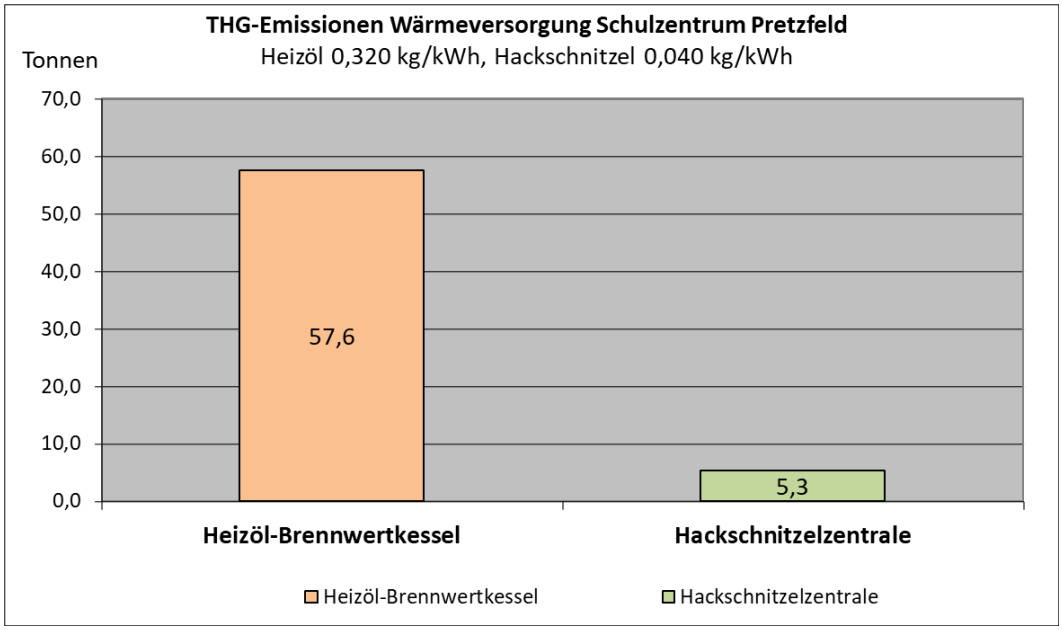
Durch den erhöhten Aufwand bei der Errichtung der Hackschnitzelzentrale sind hier die Investitionen (brutto) in etwa doppelt so hoch.

Abbildung 69: Jahresgesamtkosten Einzelmaßnahme Wärmeversorgung



Trotz höherer Investitionen und betriebsgebundenen Kosten sind die Jahresgesamtkosten um 2.400 € geringer als bei einer neuen Heizölversorgung. In der 20-Jahresbetrachtung steigt der Kostenvorteil auf durchschnittlich 5.400 € jährlich.

Abbildung 70: THG-Emissionen Einzelmaßnahme Wärmeversorgung



Durch einen Energieträgerwechsel von Heizöl zu Hackschnitzeln können jährlich 52,3 Tonnen Treibhausgasemissionen vermieden werden.

Empfehlung Einzelmaßnahme Wärmeversorgung

Der Einbau einer neuen Ölheizung ist unter klimapolitischen Aspekten nicht vertretbar und aufgrund der zu erwartenden Steigerung der Weltmarktpreise und einer weiteren Anpassung der CO_2-Steuer auch nicht wirtschaftlich.

Durch einen Umstieg auf Hackschnitzel wird ein entscheidender Beitrag zu Kilmaschutz und zur regionalen Wärmeversorgung geleistet.

Zusätzlich sollte die defekte Luftheizung der Turnhalle durch eine neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRK) ersetzt werden. Dies ist als Einzelmaßnahme mit 20 % Zuschuss förderbar.

3.2.2.4 Sanierung zum Effizienzgebäude 100 mit Hackschnitzelzentrale

Bei Umsetzung aller beschriebenen Einzelmaßnahmen kann ein förderfähiges Effizienzgebäude 100 mit EE-Bonus erreicht werden. Hierdurch ist eine Förderung von 27,5 % + 5,0 % auf alle Maßnahmen möglich.

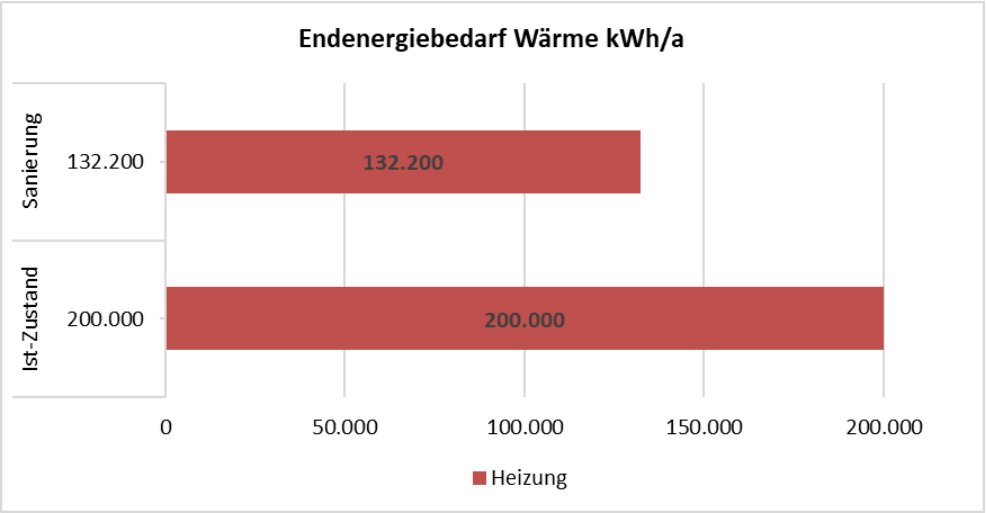
Zusätzlich wird eine zwingend notwendige neue Luftheizung mit WRG für die Turnhalle berücksichtigt. Hier die Liste aller Maßnahmen:

- Dach: Zusatzdämmung 12 cm (WLG 035)
- Außenwände: Dämmung mit 16 cm Dämmstoffdicke (WLG 035)
- Profilitverglasung Turnhalle: Kunststofffenster mit 3.Scheiben-Wärmeschutzverglasung
- Türen/Tore: Austausch gegen neue dichtschließende Elemente
- LED-Beleuchtung mit tageslichtabhängiger Regelung in der Turnhalle und Bewegungsmeldern
- Hackschnitzelzentrale mit neuer Regelung/Steuerung/Verteilung
- Lüftung Turnhalle mit WRG und neuer Regelung/Steuerung

3.2.2.4.1 Einsparpotenziale Effizienzgebäude 100

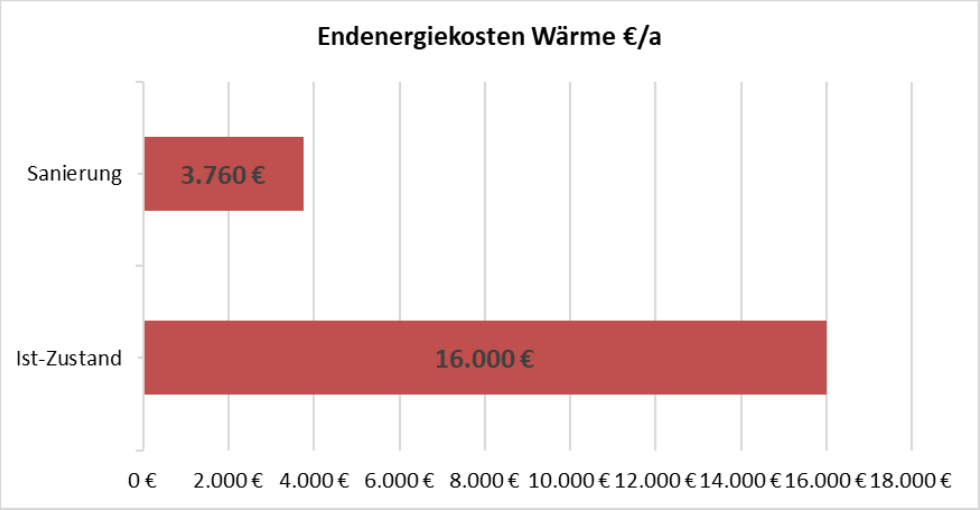
Folgende Tabelle zeigt die Einsparpotenziale **gegenüber dem Ist-Zustand** beim Wärme- und Stromverbrauch sowie bei den jährlichen Energiekosten:

Tabelle 3: Einsparpotenzial Wärmeverbrauch Effizienzgebäude 100



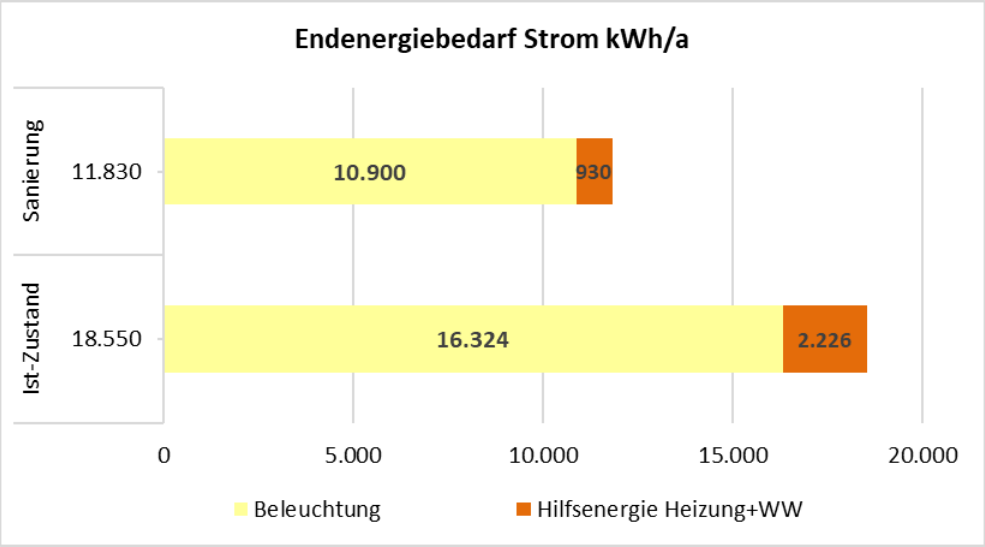
Durch eine Gesamtsanierung zum Effizienzgebäude 100 kann der jährliche Wärmebedarf um ca. 67.800 kWh bzw. 34 % reduziert werden.

Tabelle 4: Einsparpotenzial Wärmekosten Effizienzgebäude 100



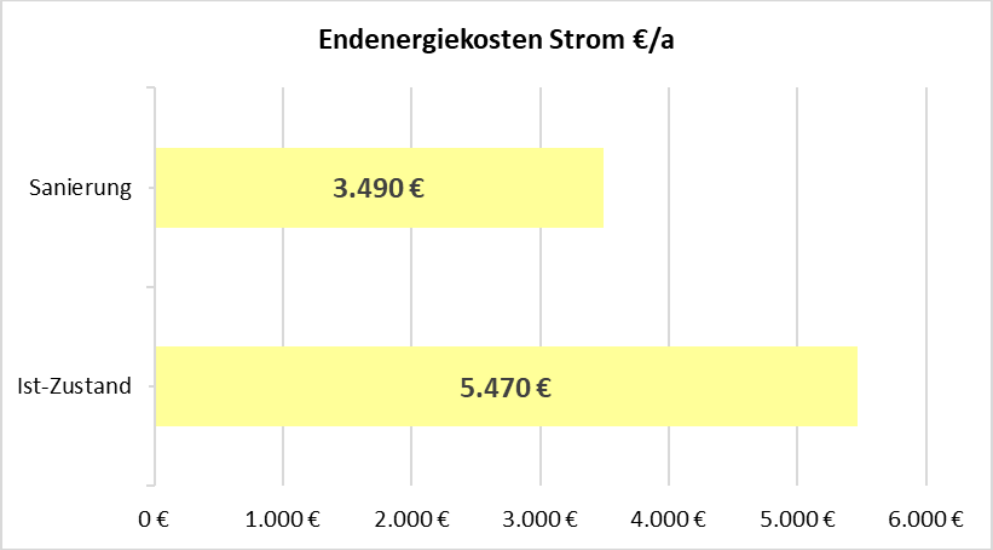
Durch den Umstieg auf Hackschnitzel ist der Einspareffekt bei den Wärmekosten deutlich höher, knapp 80 % bzw. 12.240 € jährlich.

Tabelle 5: Einsparpotenzial Stromverbrauch Effizienzgebäude 100



Durch die Umstellung der Beleuchtung auf komplette LED-Technik und die Optimierung der Heizungsverteilung mit Hocheffizienzpumpen kann der Stromverbrauch um bis zu 63 % zurückgehen.

Tabelle 6: Einsparpotenzial Stromkosten Effizienzgebäude 100



Die Stromkosten sinken im gleichen Verhältnis, dies entspricht eine Einsparung von ca. 1.980 € pro Jahr.

Im Folgenden wird die Sanierung zum Effizienzgebäude 100 dem Ersatz des über 30 Jahre alten Heizölkessels gegenübergestellt. Der notwendige Austausch der Lüftungsanlage der Sporthalle wird berücksichtigt.

Die Berechnung erfolgt im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067. Hierbei werden die Jahresgesamtkosten beider Varianten ermittelt.

3.2.2.4.2 Referenzvariante Heizöl-Brennwertkessel

Austausch des bestehenden Ölkessels gegen einen neuen Heizöl-Brennwertkessel mit neuer Regelungs- und Verteiltechnik. Austausch der Luftheizung Turnhalle gegen eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Durch diese Maßnahmen ist eine Verbrauchsreduktion von mindestens 10 % bzw. 20.000 kWh (2.000 Liter) zu erwarten. Bei einem Kesseltausch sollte durch ein Planungsbüro eine Heizlastberechnung und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden.

Abbildung 71: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwertkessel Einzelmaßnahme

Heizöl-Brennwertkessel Schulzentrum				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Heizöl 2,5%, Strom 2,5%				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Neuer Öl-Brennwertkessel ca. 300 kW	40.000 €	20	0,0612	2.446 €/a
Sanierung Schornstein	5.000 €	20	0,0612	306 €/a
Regelung/Verteilung Schule	15.000 €	20	0,0612	917 €/a
Lüftung Turnhalle mit WRG	30.000 €	20	0,0612	1.835 €/a
Baunebenkosten 18%	21.000 €	20	0,0612	1.284 €/a
Gesamtinvestitionen	**111.000 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)				**6.800 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**8.100 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	aktuelle Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchsgebundene Kosten Heizöl	12.100 €/a	**3,80**	1,4301	17.300 €/a
Verbrauchgebundene Kosten Strom	4.300 €/a	**2,50**	1,2607	5.400 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	**16.400 €/a**			**22.700 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**19.500 €/a**			**27.000 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	aktuelle Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	2.150 €/a	1,00	1,0952	2.400 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten netto	**2.150 €/a**			**2.400 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**2.600 €/a**			**2.900 €/a**
Jahresgesamtkosten netto	**25.350 €/a**			**31.900 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**30.200 €/a**			**38.000 €/a**

Die Gesamtinvestitionen inkl. Baunebenkosten betragen rund 110.000 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 6.800 € brutto.

Die aktuellen Heizöl- und Stromkosten betragen 19.500 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 2,5 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 27.000 € pro Jahr.

Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung und Instandsetzung belaufen sich auf 2.600 bzw. 2.900 € jährlich. Allerdings sind hier keine Instandhaltungsmaßnahmen für das Bestandsgebäude berücksichtigt!

3.2.2.4.3 Effizienzgebäude 100 mit Hackschnitzelzentrale

Umsetzung aller Maßnahmen zum Effizienzgebäude 100 mit EE-Zuschlag. Aufgrund der umfassenden Gebäudesanierung wird sich die nötige Heizlast reduzieren. Dies ist im Detail durch das Planungsbüro zu berechnen. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird ein 200 kW Hackschnitzelkessel angesetzt. Der Austausch der Beleuchtung gegen LED-Technik wird auch beim Stromverbrauch berücksichtigt.

Effizienzhaus 100 Schulzentrum				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1%, Strom 2,5%				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Baukosten Gebäudehülle Effizienzgebäude 100	296.639 €	40	0,0366	10.844 €/a
Heizhaus	80.000 €	40	0,0366	2.924 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	20.000 €	25	0,0512	1.024 €/a
Pufferspeicher 6.000 Liter (30 l pro kW)	6.000 €	20	0,0612	367 €/a
Hackschnitzelkesselkessel ca. 200 kW	40.000 €	20	0,0612	2.446 €/a
Zubehör/Beschickung Hackschnitzelkessel	30.000 €	20	0,0612	1.835 €/a
Anbindung Heizraum Schule (Wärmeleitung)	2.000 €	40	0,0366	73 €/a
Regelung/Verteilung Schule	15.000 €	20	0,0612	917 €/a
Entsorgung Öltank	10.000 €	50	0,0318	318 €/a
Lüftung Turnhalle mit WRG	30.000 €	20	0,0612	1.835 €/a
Beleuchtung LED inkl. Leuchten	25.000 €	15	0,0778	1.946 €/a
Blower-Door-Test	8.000 €	40	0,0366	292 €/a
Baunebenkosten 18%	101.300 €	30	0,0446	4.523 €/a
Gesamtinvestitionen	**663.939 €**			29.345 €/a
Abzüglich BEG-Zuschuss 27,5+5,0% Effizienzgebäude 100+EE	-215.800 €			-9.500 €/a
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss	**448.100 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten (gerundet)				**19.800 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**23.600 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchsgebundene Kosten Hackschnitzel	3.200 €/a	**1,00**	1,0952	3.500 €/a
Verbrauchgebundene Kosten Strom	2.900 €/a	**2,50**	1,2607	3.700 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	**6.100 €/a**			**7.200 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**7.300 €/a**			**8.600 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandsetzung, Hackschnitzelkessel	1.660 €/a	1,00	1,0952	1.800 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik/Sonstiges	2.510 €/a	1,00	1,0952	2.700 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten	**4.170 €/a**			**4.500 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**5.000 €/a**			**5.400 €/a**
Jahresgesamtkosten	**30.070 €/a**			**31.500 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**35.800 €/a**			**37.500 €/a**

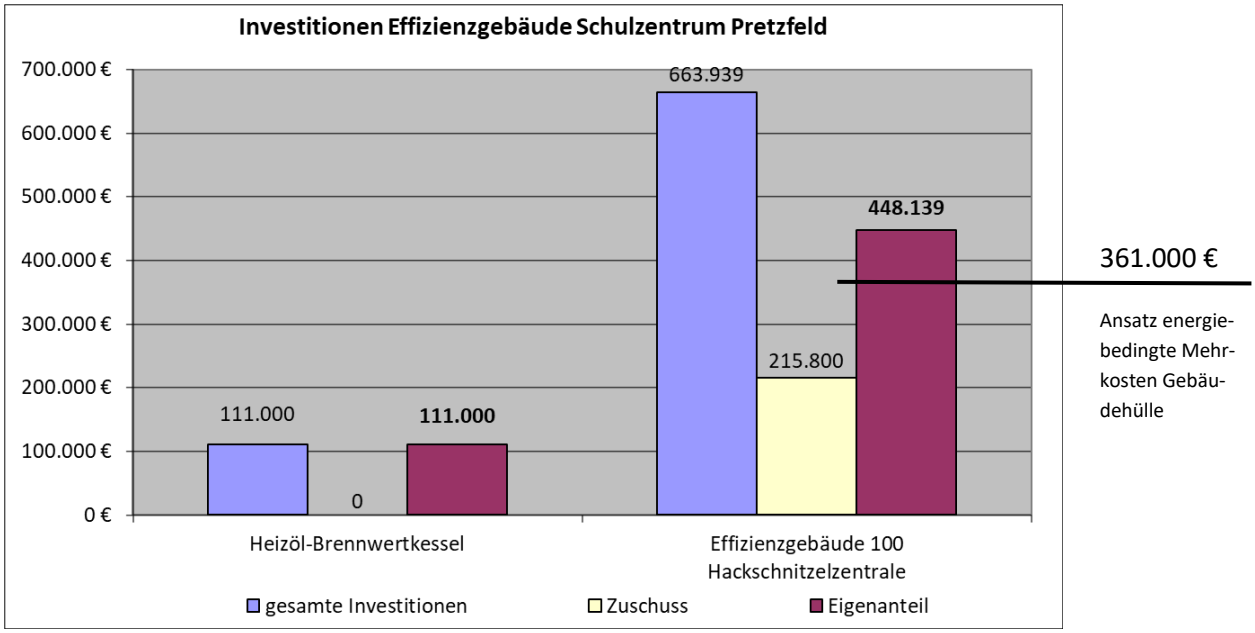
Die Gesamtinvestitionen abzüglich BEG-Zuschuss belaufen sich auf rund 450.000 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 23.600 € brutto. Für die Gebäudehülle wird hier der Vollkostenansatz berücksichtigt (siehe Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle).

Die aktuellen Strom- und Hackschnitzelkosten betragen 7.300 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 8.600 € pro Jahr.

Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung und Instandsetzung belaufen sich auf 5.000 bzw. 5.400 € jährlich. Wobei durch einen engagierten Hausmeister die Kosten auch geringer ausfallen können.

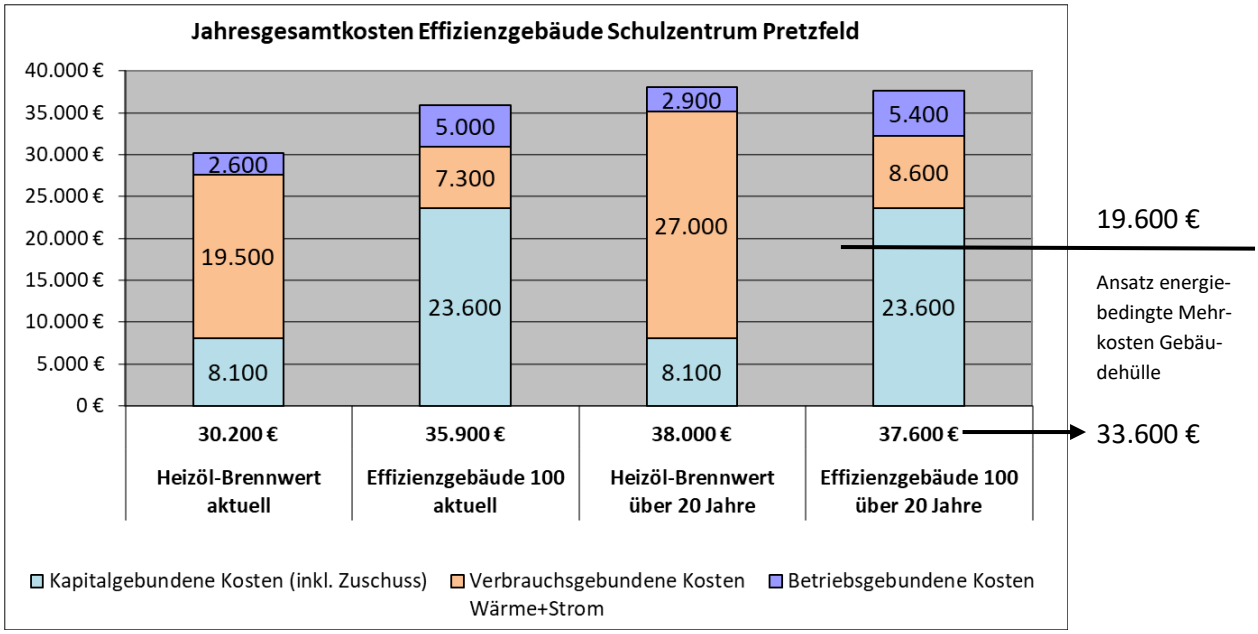
3.2.2.4.4 Variantenvergleich Heizöl-Brennwert / Sanierung Effizienzgebäude 100

Abbildung 72: Investitionen Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100



Durch die umfangreichen Sanierungsmaßnahmen zum Effizienzgebäude 100 sind hier die Investitionen (brutto) in etwa viermal so hoch. Werden bei der Gebäudehülle nur die energiebedingten Mehrkosten berücksichtigt, betragen die Investitionen abzüglich Förderung ca. 361.000 €.

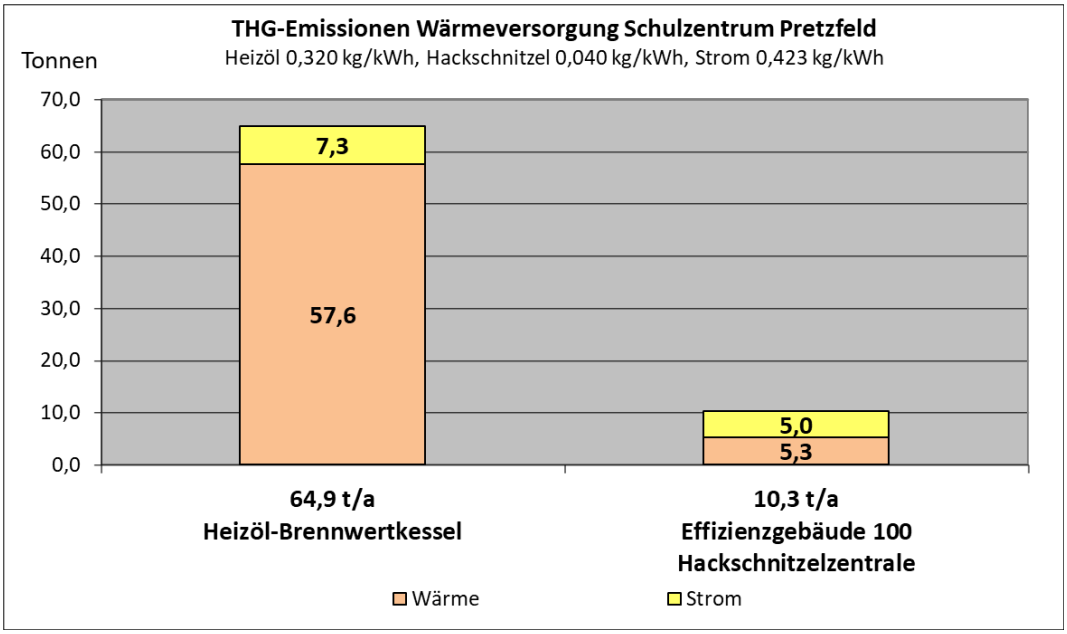
Abbildung 73: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100



Trotz höherer Investitionen und betriebsgebundenen Kosten sind die Jahresgesamtkosten bei der Effizienzgebäudesanierung in der Langfristbetrachtung um 400 € geringer. Steigt der Heizölpreis jährlich mehr als 2,5 %, erhöht sich auch die Einsparung durch die Sanierung. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass beim Heizöl-Brennwertkessel keine Instandhaltungsmaßnahmen für das unsanierte Bestandsgebäude berücksichtigt wurden.

Werden bei den Sanierungskosten der Gebäudehülle nur die energiebedingten Mehrkosten in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angesetzt, betragen die kapitalgebundenen Kosten 19.600 €/a. Die Jahresgesamtkosten reduzieren sich dadurch in der Langfristbetrachtung auf 33.600 €.

Abbildung 74: THG-Emissionen Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100



Durch einen Energieträgerwechsel von Heizöl zu Hackschnitzeln und das Einsparpotenzial bei der Beleuchtungserneuerung können jährlich 54,6 Tonnen Treibhausgasemissionen vermieden werden.

Empfehlung Sanierung zum Effizienzgebäude 100 mit Hackschnitzelzentrale

Der Einbau einer neuen Ölheizung ist unter klimapolitischen Aspekten nicht vertretbar und aufgrund der zu erwartenden Steigerung der Weltmarktpreise und einer weiteren Anpassung der CO_2-Steuer auch nicht wirtschaftlich. Ab 01.01.2026 dürfen Heizölkessel als alleiniger Wärmeerzeuger nur noch in Ausnahmefällen eingebaut werden (GEG § 72 Absatz 4). Weitere Verschärfungen sind denkbar.

Durch eine Gesamtsanierung kann für das Schulzentrum Pretzfeld Neubaustandard erreicht werden. Hierdurch sind langfristige niedrige Energiekosten garantiert und keine weiteren Instandhaltungskosten für die Gebäudehülle nötig.

Werden bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur die energiebedingten Mehrkosten für die Sanierung der Gebäudehülle angesetzt, sind die Jahresgesamtkosten in der 20-Jahresbertachtung bei der Komplettsanierung um 4.400 € geringer als beim Heizöl-Brennwert Kesseltausch.

(Siehe auch: Sanierung Einzelmaßnahmen Gebäudehülle)

3.3 PV-Anlagen Pumpwerke

Mit knapp 66.400 kWh/a verursacht das Pumpwerk Altreuth Aufbereitung den mit Abstand höchsten Stromverbrauch. Auch das Abwasserpumpwerk Pretzfeld ist mit knapp rund 31.000 kWh/a ein großer Stromverbraucher.

3.3.1 Vorbemerkungen

3.3.1.1 Photovoltaik

Durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen auf eigenen Liegenschaften kann die Kommune nicht nur einen Beitrag zur ökologischen Stromerzeugung leisten, sondern auch ihre eigenen Strombezugskosten deutlich verringern - wenn es gelingt, möglichst viel des selbst produzierten Stroms auch selbst zu nutzen.

Die Systempreise für Photovoltaikanlagen sind in den vergangenen Jahren so stark gesunken, dass die selbst produzierte Kilowattstunde heute meist deutlich günstiger ist als der Stromeinkauf beim Versorger. So liegen die Gestehungskosten bei einer Aufdachanlage unter 10 kWp in der Regel bei 10 bis 15 Cent pro kWh (netto) - auf 20 Jahre fest. Anlagen dieser Größenordnung sind auch von der EEG-Umlage befreit. Größere Anlagen produzieren zum Teil noch deutlich günstiger, hier ist aber auch auf den Eigenverbrauch zumindest anteilig EEG-Umlage (derzeit 40%, also rd. 2,6 ct/kWh) zu entrichten.

Auch für Kommunen entsteht so ein wirtschaftlich sinnvolles Modell zur Nutzung Erneuerbarer Energie in ihren eigenen Liegenschaften.

Im Rahmen unserer Beratung haben wir - **vorbehaltlich einer statischen Prüfung der betrachteten Dächer** - nach sinnvollen Möglichkeiten für Eigenverbrauchsanlagen im kommunalen Umfeld gesucht.

Zur Errichtung wurde ein Platzbedarf von 6-7 m² pro 1 kWp (Aufdachanlagen ohne Aufständerung) angenommen. Für die Ermittlung der Systemkosten (schlüsselfertig) kann derzeit von rund 1.000 - 1.500 €/kWp (netto) ausgegangen werden, zum Teil liegen die Preise bereits darunter. Günstiger ist die Errichtung von Freiflächenanlagen. Der Platzbedarf liegt hier üblicherweise bei 10-15 m² pro kWp.

Für die richtige Dimensionierung der Anlage ist einerseits die verfügbare Dachfläche entscheidend, vor allem aber auch der Stromverbrauch im Gebäude und die Verbrauchsstruktur. Deshalb ist es bei großen Verbrauchern sinnvoll, über eine Lastgangmessung den Stromverbrauch über einen gewissen Zeitraum detailliert zu erfassen bzw. die Viertelstundenwerte beim Netzbetreiber abzufragen.

Zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils sind Stromspeicher das Mittel der Wahl. Mit Batteriesystemen kann die überschüssige PV-Erzeugung auch abends und nachts genutzt werden. Durch den Preisverfall der letzten Jahre sind diese Anlagen im Privatsektor in vielen Fällen bereits wirtschaftlich. Bei Kommunen muss wegen des niedrigeren Strompreises genau gerechnet werden.

Eine Übersicht über die zahlreichen, derzeit in Deutschland erhältlichen Speichersysteme bietet zum Beispiel CARMEN unter: http://www.carmen-ev.de/sonne-wind-co/stromspeicher/batterien/813-marktuebersicht-fuer-batteriespeichersysteme

3.3.1.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Im EEG wird sowohl die Höhe der Vergütung für den eingespeisten Strom festgelegt als auch die Höhe der EEG-Umlage, die für den selbstgenutzten Strom entrichtet werden muss. Vergütung erhalten Dachanlagen und Freiflächenanlagen, die auf vergütungsfähigen Grundstücken (z.B. entlang von Schienenwegen, Bundesautobahnen oder auf Konversionsflächen) errichtet werden. Die Vergütung wird für das Jahr der Inbetriebnahme und die folgenden 20 Jahre gezahlt.

Für eine Eigenstromnutzung fällt bei PV-Anlagen die verminderte EEG-Umlage für selbstgenutzten Strom in Höhe von 1,49 ct/kWh im Jahr 2022 an. Bei Anlagen unter 30 kWp entfällt diese Umlage, ebenso für die ersten 30.000 kWh erzeugten Strom dieser Anlagen. Voraussetzung für eine Eigenstromnutzung ist einerseits die Personalunion von Stromerzeuger und Stromverbraucher, und andererseits muss die Stromerzeugung in unmittelbarem räumlichen Zusammenhang zum Verbrauchsort stattfinden, ohne Nutzung des öffentlichen Stromnetzes.

Tabelle 7: Aktuelle Einspeisevergütung für Gebäudeanlagen

Inbetriebnahme:	November 2021	Dezember 2021	Januar 2022
bis 10 kWp	7,03 ct/kWh	6,93 ct/kWh	6,83 ct/kWh
bis 40 kWp	6,83 ct/kWh	6,73 ct/kWh	6,63 ct/kWh
bis 100 kWp	5,35 ct/kWh	5,27 ct/kWh	5,19 ct/kWh

Die Vergütung wird jeweils anteilig für die verschiedenen Leistungsstufen berechnet. Für eine **Anlage mit 50 kW_p** lautet die Formel also:

Vergütung = ((Leistungsanteil 0-10 kW x Vergütung) + (Leistungsanteil 10-40 kW x Vergütung) + (Leistungsanteil 40-100 kW x Vergütung)): Gesamtleistung

Derzeit sinken die Vergütungssätze monatlich um etwa 1,5 Prozent. Eine Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 Abs. 3 erfolgt jeweils in Abhängigkeit vom Zubau.

Nach Ablauf der zwanzigjährig gezahlten Einspeisevergütung fällt die Photovoltaikanlage aus der Förderung und gilt als Post-EEG-Anlage. Sie darf weiter betrieben werden, erhält aber für einen befristeten Zeitraum nur noch eine geringere Vergütung.

Tabelle 8: EEG-Umlage auf Eigenverbrauch

zu entrichtende EEG-Umlage auf selbstgenutzten Strom:	
Anlagen < 30 kW_p , erste 30 MWh	frei
ansonsten	40% der aktuellen EEG-Umlage, ab 2021: 1,49 ct/kWh

Seit 2016 gilt für alle Anlagen über 100 kW installierter Leistung die verpflichtende Direktvermarktung. Außerdem muss eine Fernsteuerbarkeit der Anlage gewährleistet sein.

Anlagen unter 100 kW können jedoch auch freiwillig die Direktvermarktung nutzen. Ebenso ist ein Wechsel einer Bestandsanlage mit einer fixen Einspeisevergütung in die Direktvermarktung nach dem Marktprämienmodell möglich - ebenfalls eine erneute Rückkehr zur festen Einspeisevergütung.

Der Betreiber der Anlage handelt den Strom zum **Marktpreis** an der Strombörse. Zuzüglich erhält er eine **Marktprämie**. Diese gleicht die Differenz zwischen Marktpreis und Vergütungsanspruch nach EEG aus.

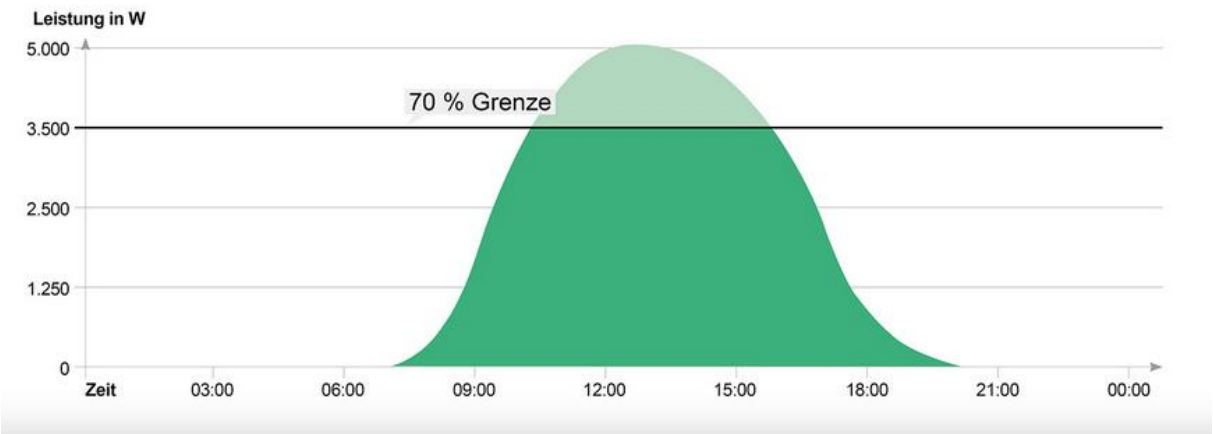
3.3.1.3 Abregelung am Einspeisepunkt

Bei Photovoltaikanlagen bis 30 kW besteht die Wahlmöglichkeit im Einspeisemanagement zwischen der Funkrundsteuertechnik oder der Begrenzung der maximalen Wirkleistungseinspeisung auf dauerhaft 70 % der installierten Maximalleistung der Anlage. Ertragsverlust pro Jahr:

- Süddach bis zu 5 %
- West- oder Ostdach bis zu 3 %
- West- und Ostdach kein Ertragsverlust (PV-Anlage auf zwei Dachflächen)

Ab **30 kW bis 100 kW** gilt das vereinfachte Einspeisemanagement. Hier müssen die Anlagen mit einer durch die Netzbetreiber in Fernschaltung zu betreibenden Abschaltvorrichtung ausgestattet sein.

Abbildung 1: Abregelung am Einspeisepunkt



https://www.dz-4.de

3.3.1.4 Wandlermessung

Seit Januar 2016 ist bei elektrischen Anlagen mit Betriebsströmen über 63 A eine Wandlermessung vorzusehen. Dies betrifft PV-Anlagen ab einer Größe von ca. 40 kWp, ist aber vom jeweiligen Hausanschluss des Gebäudes abhängig. Die genaue Grenze muss mit dem Verteilnetzbetreiber abgeklärt werden.

3.3.1.5 Salzwasserspeicher

In den Varianten mit Stromspeicher wurden in der Simulation und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Greenrock Salzwasserspeicher angesetzt. Die Preise sind ähnlich der Lithium Speicher. Sie benötigen etwas mehr Platz, was aber bei einer stationären Anwendung meist kein Problem darstellt.

Vor- und Nachteile Salzwasserspeicher:

Vorteile	Nachteile
Wartungsarm	höherer Platzbedarf, höheres Gewicht
Tiefenentladungen ohne negativen Einfluss auf die Systemlebensdauer	Teils geringerer Wirkungsgrad
Beliebig skalierbar	Niedrigere Lade- / Entladeleistung
Rohstoffe nachhaltig, reichlich verfügbar, ökologisch unbedenklich	
Sicher! Nicht brennbar, keine Explosionsgefahr, keine Sicherheitsvorkehrungen nötig	
100% recyclebar	

3.3.1.6 Grundlegende Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Simulation erfolgte mit der Software „PV*SOL Premium“ der Valentin Software GmbH.

Die Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen hängen zu einem großen Teil von der Definition der Ausgangs-Parameter ab. Bei einer Betrachtung über einen Zeitraum von 20+1 Jahren handelt es sich naturgemäß immer um Abschätzungen. Inwieweit sich diese mit der zukünftigen Entwicklung decken, muss sich erst noch zeigen. Deshalb sind **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen immer unter einem gewissen Vorbehalt zu sehen.**

Tabelle 9: Parameter der Anlagensimulation

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt in Nettowerten. **Nachfolgende Parameter werden zu Grunde gelegt:**	
Allgemeiner Kalkulationszins	2 %
Arbeitspreis Strom Netzbezug *(inkl. aller Umlagen; der Leistungsbezug wurde z.T. in den Arbeitspreis einbezogen)*	21,0 ct/kWh (netto)
Preissteigerung Strom	2 % p.a.
spezifische Investitionskosten PV-Anlage	1.150 €/kWp - 1.200 €/kWp (netto) je nach Projektart
Jährliche Kosten (Betriebskosten)	1,5% bis 2% der Investitionskosten je nach Projektart
kalkulierte Moduldegradation	nach 25 Jahren, 80% Mindestleistung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ohne Inanspruchnahme eines Kredites berechnet (100% Eigenkapital).

Mit dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien - Standard“ der KfW wird die Errichtung von PV-Anlagen durch einen zinsgünstigen Kredit unterstützt (derzeit ab 0,55 %). Das Programm beinhaltet keinen Zuschuss.

Die Preissteigerung für den ersetzten Strom wurde eher defensiv mit jährlich 2% berechnet. Die durchschnittliche Preissteigerung für Strom lag seit 2001 eher bei 3,5 % und mehr.

Die jährlichen **Betriebskosten** wurden mit bis zu 2 % der Investitionskosten beziffert. Somit sind anfallende Kosten wie Wartung, Messstellenbetrieb, das Ersetzen defekter Anlagenteile o. ä. über die Nutzungsdauer ansatzweise einkalkuliert.

3.3.2 PV-Potenzialanalyse Pumpwerk Altreuth

Folgende Anlagenvarianten werden für das Pumpwerk Altreuth analysiert:

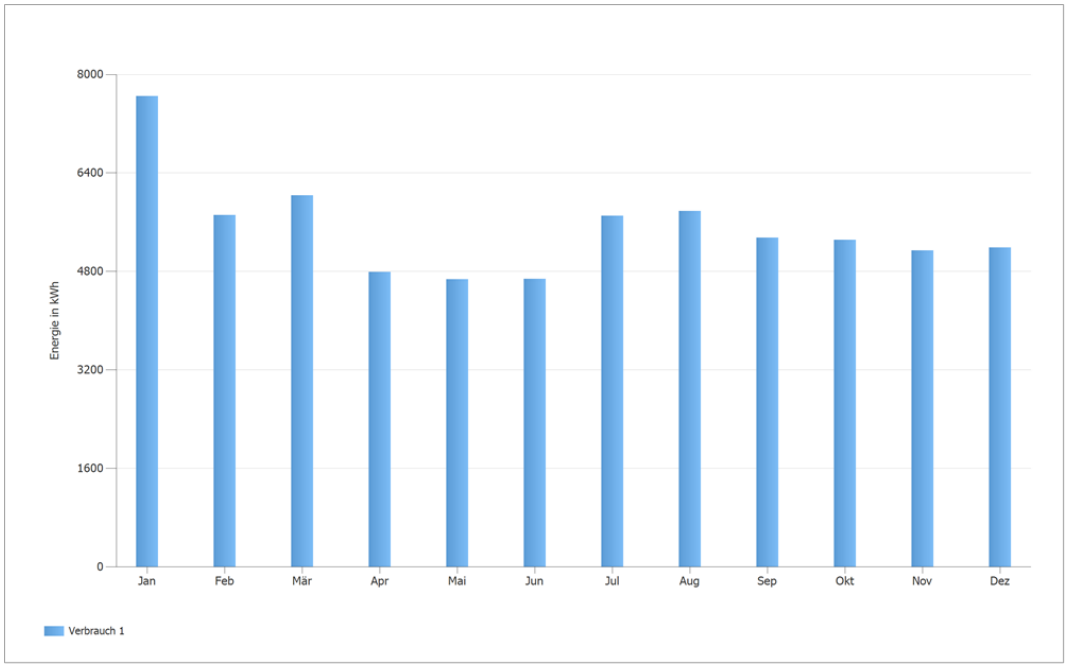
- Dachanlage 14 kWp
- Dachanlage 14 kWp mit Stromspeicher (10 kWh, Salzwasserspeicher)

3.3.2.1 Verbrauchserfassung

Das Pumpwerk Altreuth hat einen durchschnittlichen Jahres-Stromverbrauch von 66.000 kWh.

Da bei dem Pumpwerk keine registrierende Leistungsmessung stattfindet, wird für die Simulation ein adäquater Beispiellastgang gewählt und an den tatsächlichen Verbrauch angepasst.

Abbildung 1: Stromverbrauch im Monatsverlauf

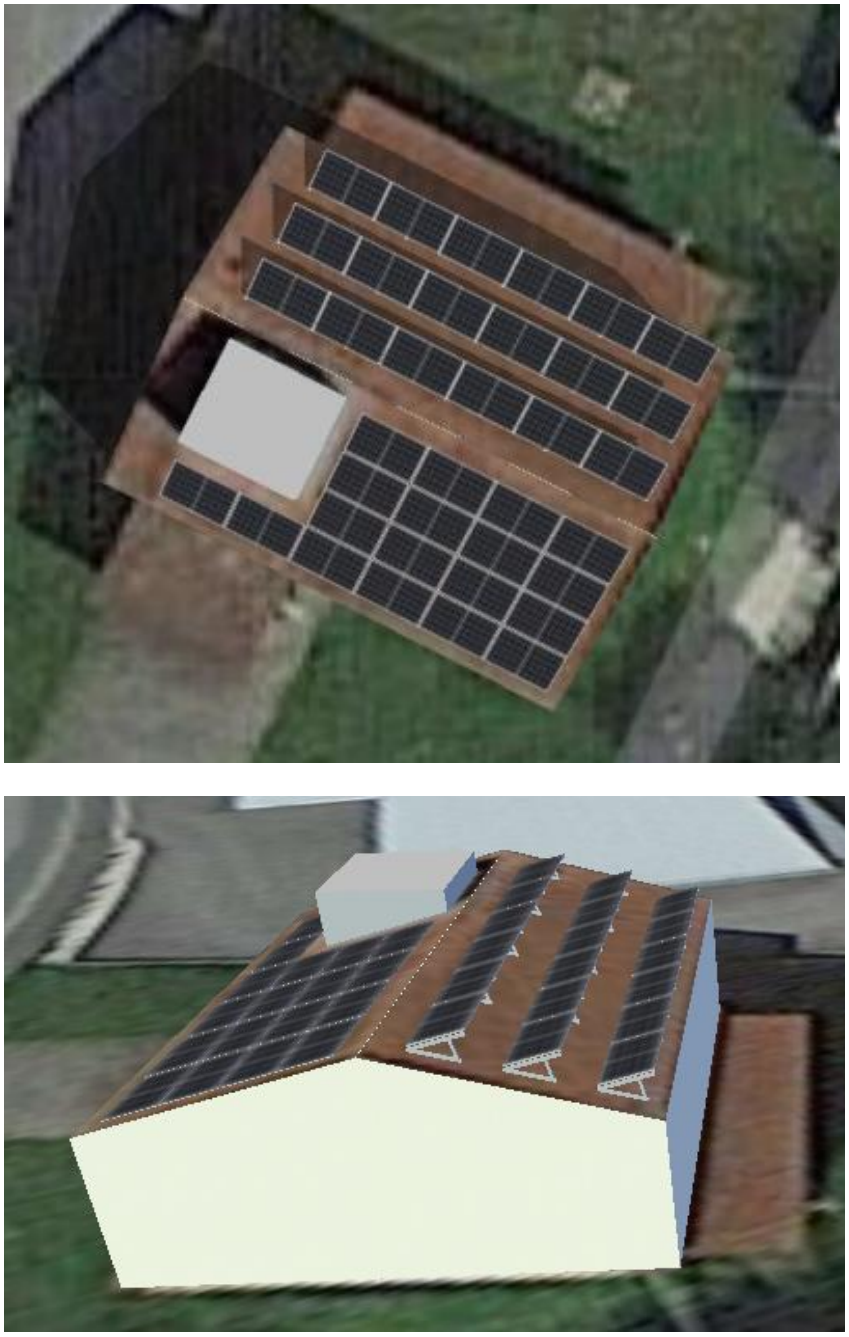


Da jedoch die Betriebsweise, was Zeitpunkt und Höhe der Leistungsaufnahme betrifft, in der Realität deutlich abweichen können, sind die Simulationsergebnisse mit Vorbehalt zu betrachten!

3.3.2.2 Variante 1: Dachanlage 14 kWp

Das Gebäude ist nord-süd ausgerichtet. Die Südseite des Daches bietet nur Platz für eine PV-Anlage mit knapp 7 kWp installierter Leistung, sehr wenig für einen jährlichen Stromverbrauch des Pumpwerks von 66.000 kWh. Um die Anlagenleistung zu verdoppeln, ist eine aufgeständerte der PV-Module auf dem nördlichen Dach denkbar. Die Anlagenleistung ließe sich somit auf rund 14 kWp verdoppeln. Mit insgesamt 36 Modulen ergibt sich eine PV-Generatorfläche von rund 66 m².

Abbildung 75: Dachaufsicht und Seitenansicht Pumpwerk Altreuth



Quelle: PV*SOL Premium

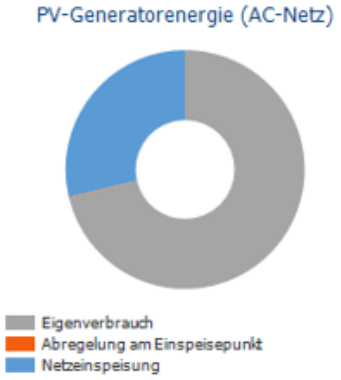
Eine Dichtheit des Daches sollte mindestens für die nächsten 20 Jahre gewährleistet sein. Die Analyse beinhaltet keine statische Überprüfung der Dachflächen. Vor Umsetzung ist eine Prüfung der Statik durzuführen.

Die PV-Anlage mit insgesamt knapp 14 kWp erreicht einen Anlagennutzungsgrad von 81 %.

Abbildung 3: Detaillierte Simulationsergebnisse Variante 1

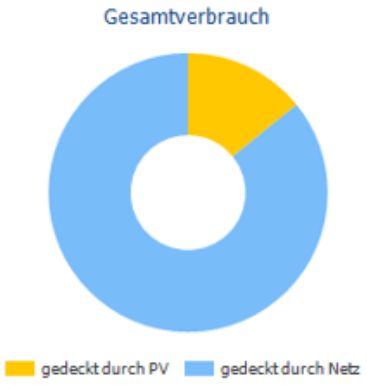
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	13,50	kWp
Spez. Jahresertrag	970,51	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	81,02	%
Ertragsminderung durch Abschattung	9,0	%/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	13.137	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	9.347	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	19	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	3.770	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	71,1	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	7.025	kg/Jahr



Verbraucher

Verbraucher	66.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	35	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	66.035	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	9.347	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	56.688	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	14,2	%



Es kann jährlich rund 13.140 kWh Strom erzeugt werden. Mit dem angenommenen Lastprofil wird hiervon 71 % des erzeugten Stroms direkt im Pumpwerk verbraucht (Eigenverbrauchsanteil).

Der solare Deckungsanteil des Stromverbrauchs im Pumpwerk beträgt mit ca. 9.350 kWh rund 14 % (Autarkiegrad).

Abbildung 3: Wirtschaftlichkeitsanalyse Variante 1

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	3.755	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	13,5	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	2	%
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Gesamtkapitalrendite	11,50	%
Kumulierter Cashflow	22.859,01	€
Amortisationsdauer	8,8	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1125	€/kWh
Zahlungsübersicht		
spezifische Investitionskosten	1.350,00	€/kWp
Investitionskosten	18.225,00	€
Einmalzahlungen	0,00	€
Förderungen	0,00	€
Jährliche Kosten	364,50	€/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00	€/Jahr
Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	254,54	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	2.318,00	€/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042	
Spezifische Einspeisevergütung	0,0678	€/kWh
Einspeisevergütung	254,5406	€/Jahr
Kommunaltarif (KOMMUNAL)		
Arbeitspreis	0,25	€/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

Bei Investitionen von rund 18.200 € (netto) ergibt sich nach 20 Jahren ein kumulierter Cashflow (Gewinn) in Höhe von 22.860 €. Die Anlage amortisiert sich nach rund 9 Jahren.

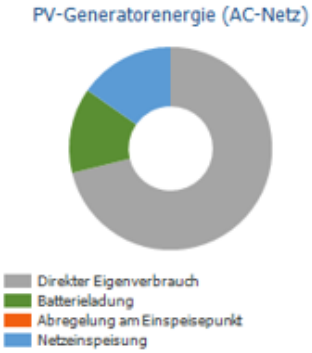
3.3.2.3 Variante 2: Dachanlage 14 kWp mit Stromspeicher 10 kWh

Bei der Variante 2 wird zusätzlich ein Stromspeicher mit 10 kWh Speicherkapazität berücksichtigt. Mit Stromspeicher ergeben sich folgende Simulationsergebnisse:

Abbildung 3: Detaillierte Simulationsergebnisse Variante 2

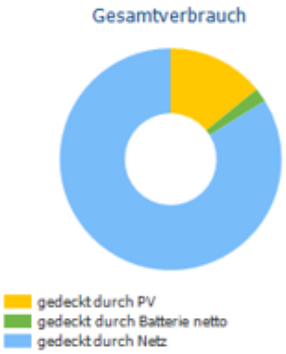
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	13,50	kWp
Spez. Jahresertrag	970,51	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	81,02	%
Ertragsminderung durch Abschattung	9,0	%/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	13.137	kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	9.344	kWh/Jahr
Batterieladung	1.787	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	2.005	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	84,7	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	6.784	kg/Jahr



Verbraucher

Verbraucher	66.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	35	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	66.035	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	9.344	kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	1.328	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	55.363	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	16,2	%



Batteriesystem

Ladung am Anfang	10	kWh
Batterieladung (Gesamt)	1.787	kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	1.787	kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	0	kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	1.328	kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	315	kWh/Jahr
Verluste in Batterie	154	kWh/Jahr
Zyklenbelastung	3,1	%
Lebensdauer	>12	Jahre

Durch den Stromspeicher (Batterieladung) steigt der Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage von 71 % auf 85 %.

Der solare Deckungsanteil des Stromverbrauchs im Pumpwerk steigt von 14 % um 1.330 kWh/a auf 16 %.

Durch den Stromspeicher entwickelt sich die Wirtschaftlichkeit wie folgt:

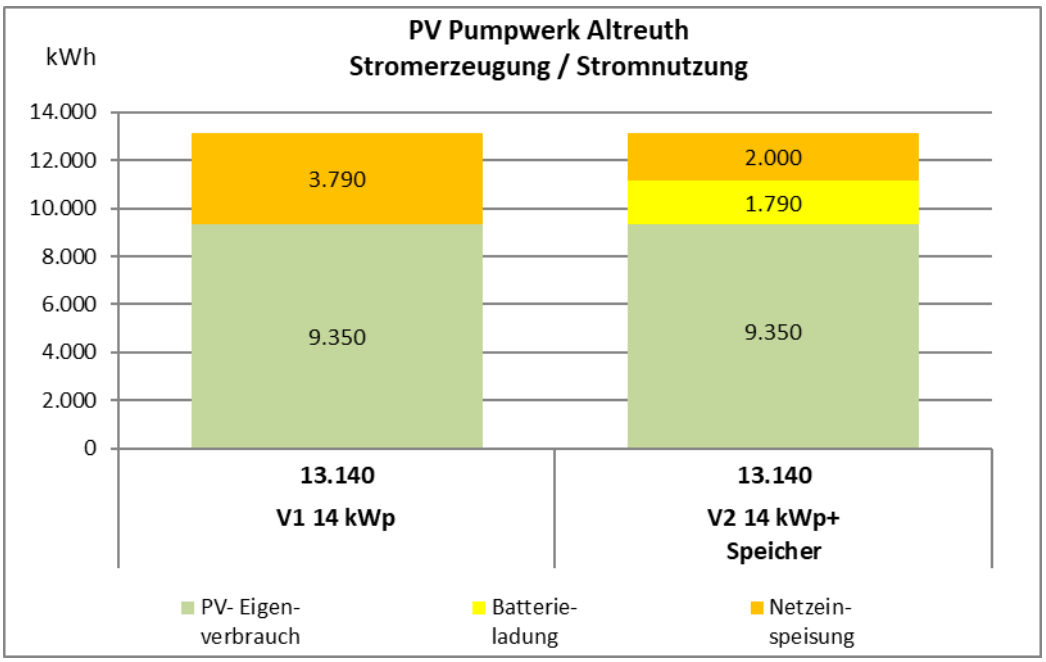
Abbildung 3: Wirtschaftlichkeitsanalyse Variante 2

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	1.997	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	13,5	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	2	%
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Gesamtkapitalrendite	7,66	%
Kumulierter Cashflow	18.729,71	€
Amortisationsdauer	11,8	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1505	€/kWh
Zahlungsübersicht		
spezifische Investitionskosten	1.350,00	€/kWp
Investitionskosten	18.225,00	€
Einmalzahlungen	**8.500,00**	**€**
Einmalige Zahlungen	8.500,00	€
Förderungen	0,00	€
Jährliche Kosten	364,50	€/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00	€/Jahr
Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	135,39	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	2.647,90	€/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042	
Spezifische Einspeisevergütung	0,0678	€/kWh
Einspeisevergütung	135,3915	€/Jahr
Kommunaltarif (KOMMUNAL)		
Arbeitspreis	0,25	€/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

Durch den Stromspeicher entstehen zusätzliche Investitionen von 8.500 €. Hierdurch reduziert sich der kumulierte Cashflow von 22.860 € auf 18.730 €. Die Anlage amortisiert sich nach rund 12 Jahren.

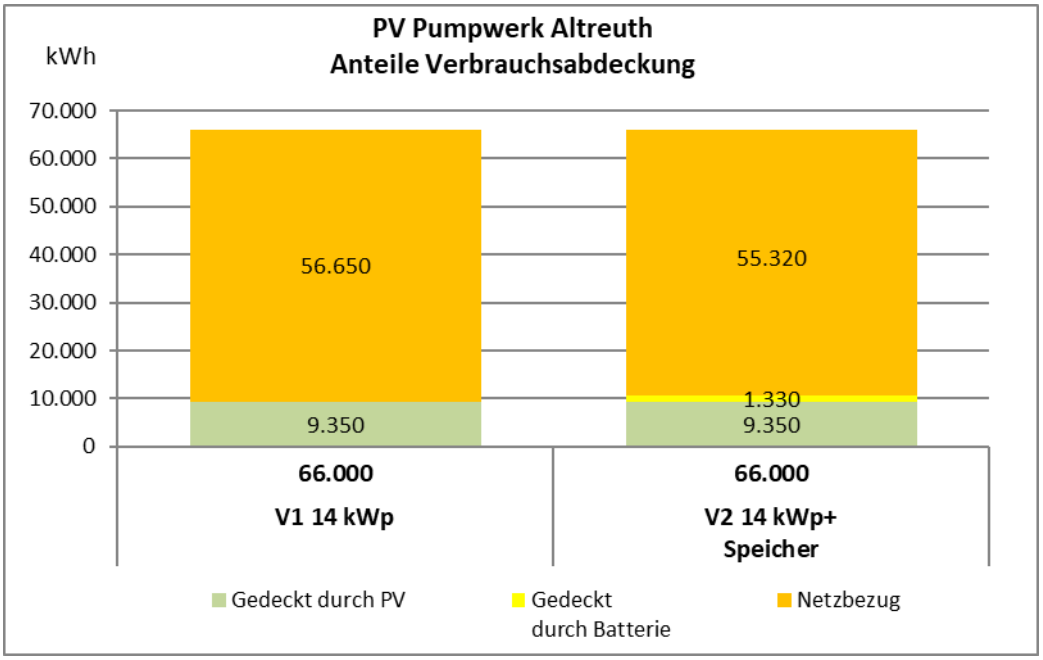
3.3.2.5 Variantenvergleich

PV-Stromerzeugung / Stromnutzung



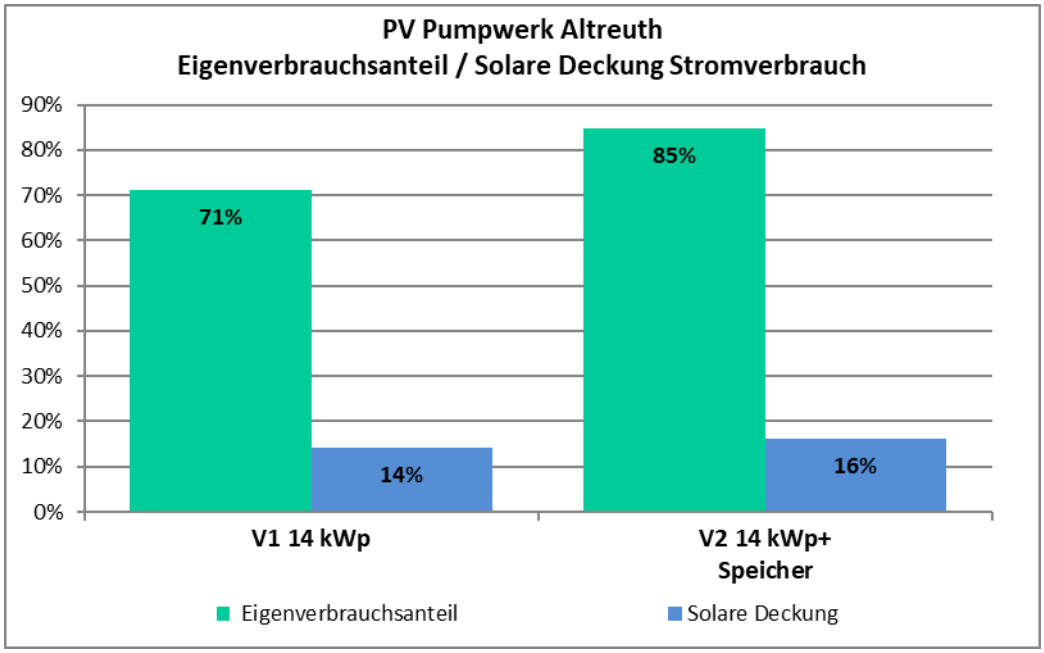
Durch die Batterieladung reduziert sich die Netzeinspeisung.

Stromverbrauch / Verbrauchsabdeckung



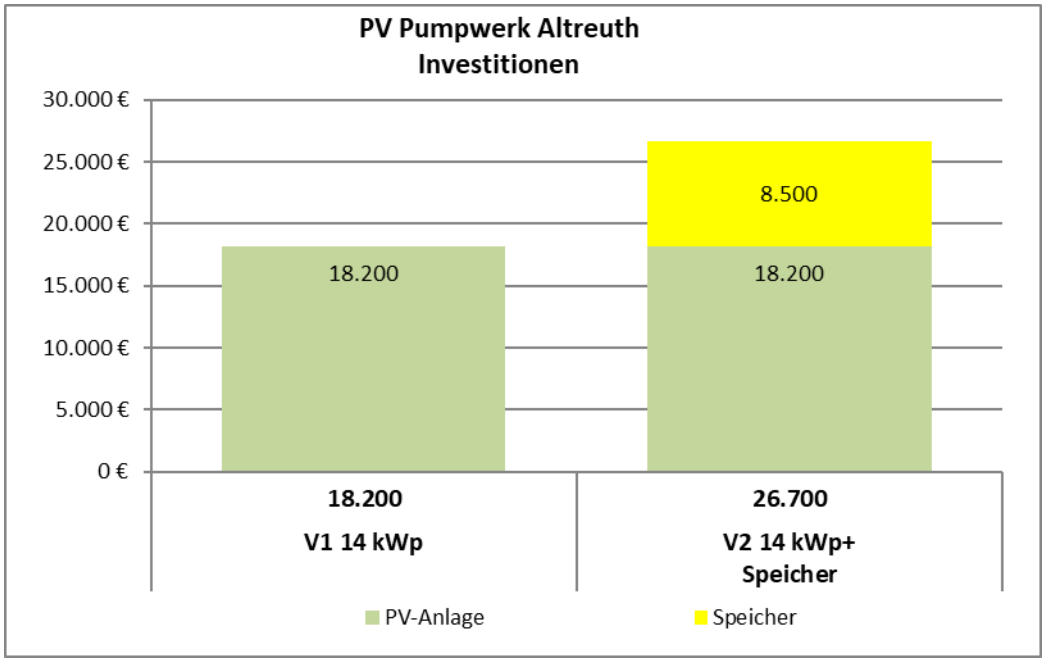
Die Differenz zwischen Batterieladung und der Verbrauchsdeckung durch die Batterie entstehen durch Verluste beim Be- und Entladen des Speichers.

Stromverbrauch / Verbrauchsabdeckung



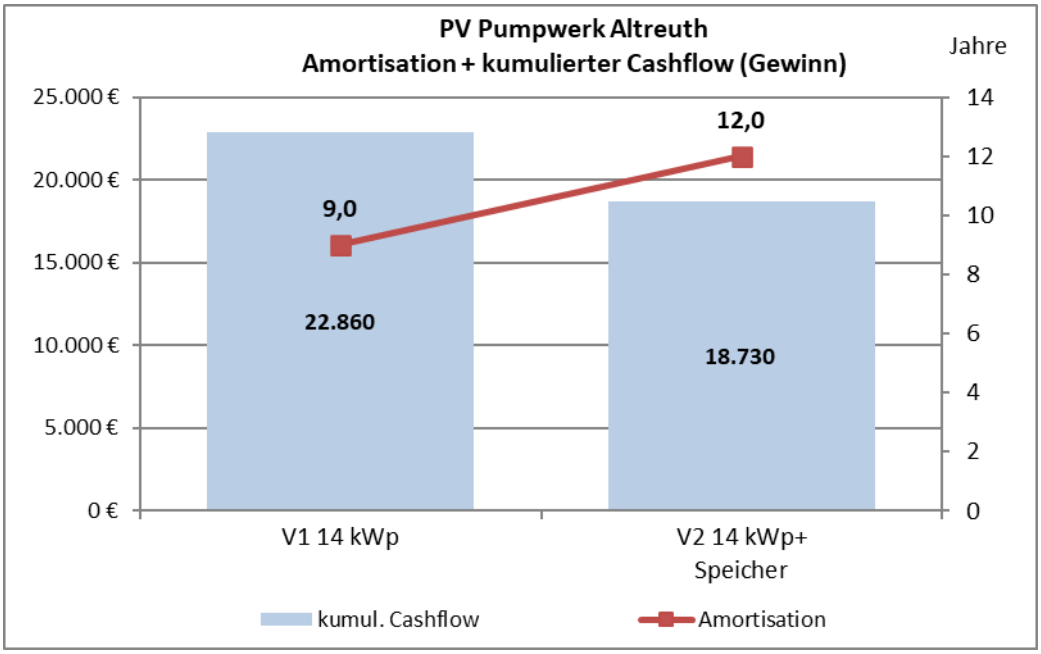
Durch den Stromspeicher erhöht sich die Stromeigennutzung der PV-Anlage und die PV-Verbrauchsdeckung im Pumpwerk.

Investitionen



Der 10 kWh Stromspeicher schlägt mit rund 8.500 € zu Buche. Dies erhöht die Investition immerhin um knapp 50%.

Wirtschaftlichkeit



Beide Varianten ergeben ein wirtschaftliches Ergebnis. Die schnellste Amortisation und den höchsten Gewinn hat die Anlage ohne Stromspeicher.

Unter den hier angenommenen Rahmenbedingungen verringert sich Wirtschaftlichkeit durch einen Speicher. Die zusätzliche Stromeigennutzung steht derzeit noch in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zu den notwendigen Investitionen. Durch Batteriespeicher kann zwar der Autarkiegrad erhöht werden, wirtschaftlich darstellbar ist dies jedoch nicht. Derzeit gibt es auch keine Zuschussförderung für Speicher in Nichtwohngebäuden.

In der Berechnung ist eine Strompreissteigerung von 2 % berücksichtigt. Bei einer höheren Preissteigerung steigt der Gewinn mit Speicher schneller als ohne, da mehr Stromeinkauf für das Pumpwerk vermieden wird.

Die Preisentwicklung der Stromspeicher in den letzten Jahren hat jedoch gezeigt, dass in Zukunft weitere Preisnachlässe zu erwarten sind. Ein Speicher kann jederzeit auch nachträglich in ein PV-System eingebunden werden.

3.3.3 PV-Potenzialanalyse Abwasserpumpwerk Pretzfeld

Folgende Anlagenvarianten werden für das Pumpwerk Altreuth analysiert:

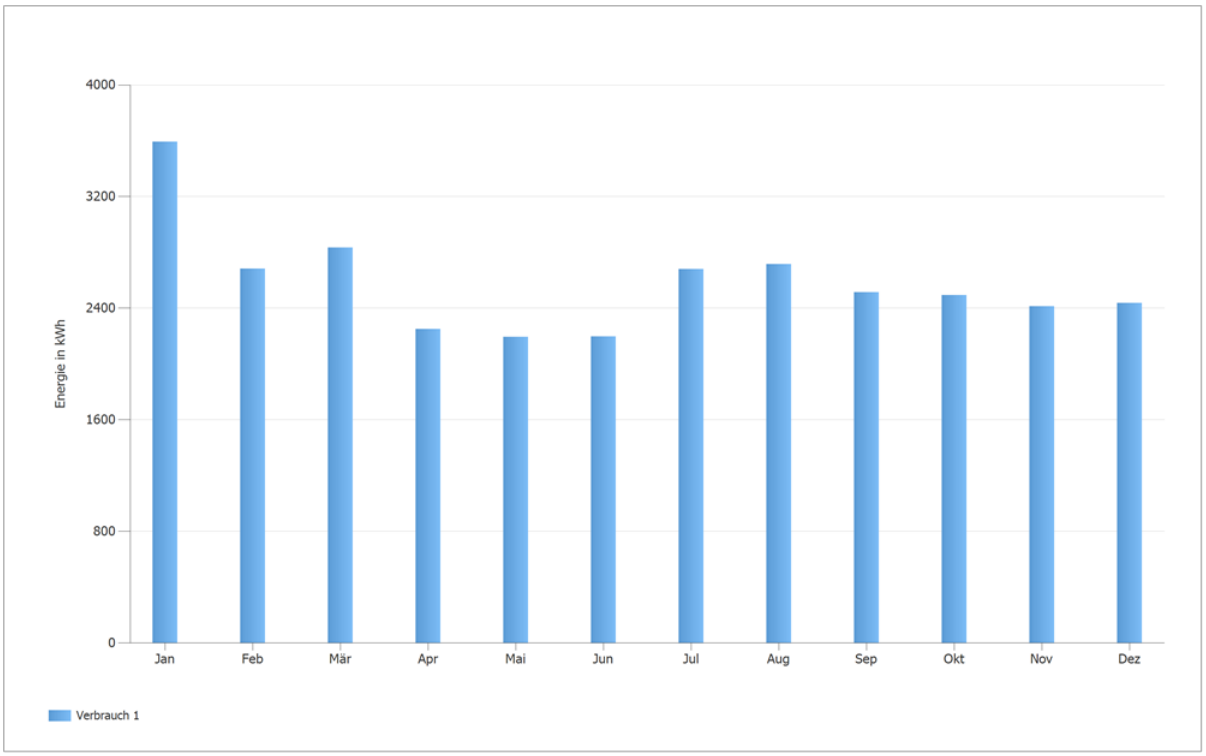
- Freiflächenanlage 28 kWp
- Freiflächenanlage 28 kWp mit Speicher (15 kWh, Salzwasserspeicher)

3.3.3.1 Verbrauchserfassung

Das Abwasserpumpwerk Pretzfeld hat einen durchschnittlichen Jahres-Stromverbrauch von 31.000 kWh.

Da bei dem Pumpwerk keine registrierende Leistungsmessung stattfindet, wird für die Simulation ein adäquater Beispiellastgang gewählt und an den tatsächlichen Verbrauch angepasst.

Abbildung 1: Stromverbrauch im Monatsverlauf



Da jedoch die Betriebsweise, was Zeitpunkt und Höhe der Leistungsaufnahme betrifft, in der Realität deutlich abweichen können, sind die Simulationsergebnisse mit Vorbehalt zu betrachten!

3.3.3.2 Variante 1: Freiflächenanlage 28 kWp

Auf dem Dach des Pumpwerks gibt es lediglich einen Flächenbedarf für 3 kWp PV-Anlagenleistung, die östliche Dachhälfte wird durch die Bäume zu sehr verschattet. Für den jährlichen Stromverbrauch des Pumpwerks von 31.000 kWh ist dies viel zu klein. Aus diesem Grund wird eine Freiflächenanlage mit 28 kWp untersucht. Mit insgesamt 75 Modulen ergibt sich eine PV-Generatorfläche von rund 137 m².

Abbildung 76: Lageplan und Anlagensimulation Abwasserpumpwerk Pretzfeld

Quelle: Bayernatlas

Quelle: PV*SOL Premium

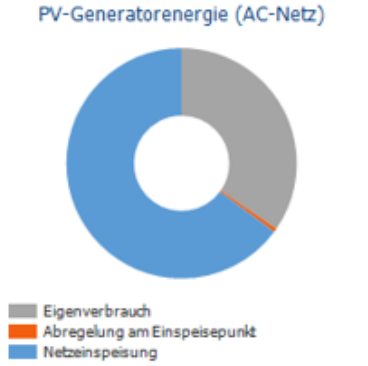
Bei Errichtung einer Freiflächenanlage sind mögliche planungsrechtliche Maßnahmen und deren Kosten zu beachten.

Die PV-Anlage mit insgesamt 28 kWp erreicht einen Anlagennutzungsgrad von 89 %.

Abbildung 3: Detaillierte Simulationsergebnisse Variante 1

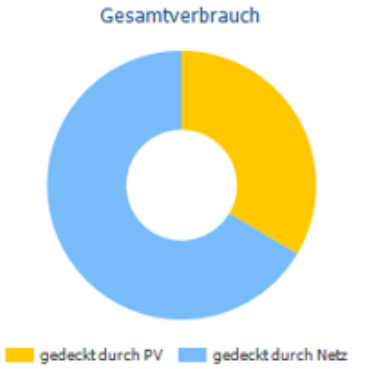
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	28,13	kWp
Spez. Jahresertrag	1.066,90	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	89,27	%
Ertragsminderung durch Abschattung	0,8	%/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	30.021	kWh/Jahr
Eigenverbrauch	10.392	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	153	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	19.475	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	34,6	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	16.031	kg/Jahr



Verbraucher

Verbraucher	31.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	14	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	31.014	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	10.392	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	20.622	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	33,5	%



Es kann jährlich rund 30.000 kWh Strom erzeugt werden. Dies entspricht in etwa dem Stromverbrauch im Pumpwerk. Mit dem angenommen Lastprofil wird hiervon knapp 35 % des erzeugten Stroms direkt im Pumpwerk verbraucht (Eigenverbrauchsanteil).

Der solare Deckungsanteil des Stromverbrauchs im Pumpwerk beträgt mit ca. 10.400 kWh 33,5 % (Autarkiegrad).

Abbildung 3: Wirtschaftlichkeitsanalyse Variante 1

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	19.394	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	28,1	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	2	%
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Gesamtkapitalrendite	6,45	%
Kumulierter Cashflow	19.141,90	€
Amortisationsdauer	13,0	Jahre
Stromgestehungskosten	0,0989	€/kWh
Zahlungsübersicht		
spezifische Investitionskosten	1.300,00	€/kWp
Investitionskosten	36.562,50	€
Einmalzahlungen	0,00	€
Förderungen	0,00	€
Jährliche Kosten	731,25	€/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00	€/Jahr
Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	1.299,60	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	2.583,24	€/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2022 - 31.12.2042	
Spezifische Einspeisevergütung	0,067	€/kWh
Einspeisevergütung	1299,6008	€/Jahr
Kommunaltarif (KOMMUNAL)		
Arbeitspreis	0,25	€/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

Bei Investitionen von rund 37.000 € (netto) ergibt sich nach 20 Jahren ein kumulierter Cashflow (Gewinn) in Höhe von 19.140 €. Die Anlage amortisiert sich nach rund 13 Jahren.

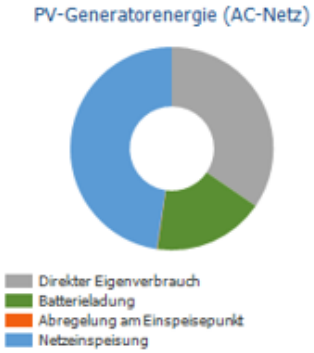
3.3.3.3 Variante 2: Freiflächenanlage 28 kWp mit Stromspeicher 15 kWh

Bei der Variante 2 wird zusätzlich ein Stromspeicher mit 15 kWh Speicherkapazität berücksichtigt. Mit Stromspeicher ergeben sich folgende Simulationsergebnisse:

Abbildung 3: Detaillierte Simulationsergebnisse Variante 2

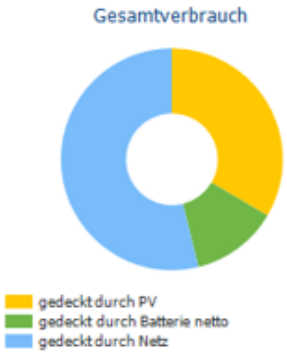
PV-Anlage

PV-Generatorleistung	28,13	kWp
Spez. Jahresertrag	1.066,90	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	89,27	%
Ertragsminderung durch Abschattung	0,8	%/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	30.021	kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	10.372	kWh/Jahr
Batterieladung	5.334	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	27	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	14.288	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	52,3	%
Vermiedene CO_2-Emissionen	15.341	kg/Jahr



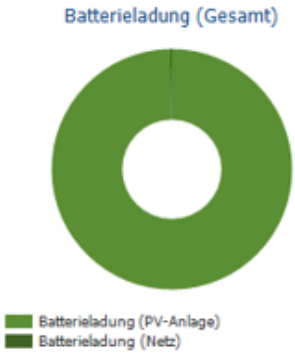
Verbraucher

Verbraucher	31.000	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	14	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	31.014	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	10.372	kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	3.937	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	16.705	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	46,1	%



Batteriesystem

Ladung am Anfang	15	kWh
Batterieladung (Gesamt)	5.346	kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	5.334	kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	13	kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	3.950	kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	961	kWh/Jahr
Verluste in Batterie	450	kWh/Jahr
Zyklenbelastung	6,0	%
Lebensdauer	>12	Jahre



Durch den Stromspeicher (Batterieladung) steigt der Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage von 35 % auf 52 %.

Der solare Deckungsanteil des Stromverbrauchs im Pumpwerk steigt von 33,5 % um 3.940 kWh/a auf 46 %.

Durch den Stromspeicher entwickelt sich die Wirtschaftlichkeit wie folgt:

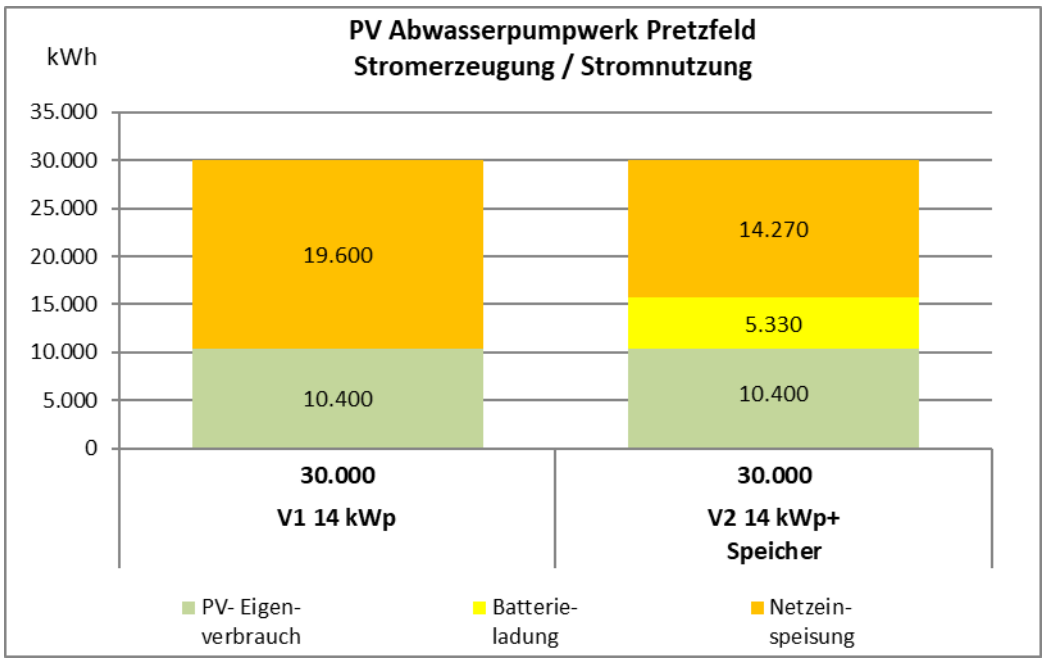
Abbildung 3: Wirtschaftlichkeitsanalyse Variante 2

Anlagendaten		
Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	14.229	kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	28,1	kWp
Inbetriebnahme der Anlage	01.01.2022	
Betrachtungszeitraum	20	Jahre
Kapitalzins	2	%
Wirtschaftliche Kenngrößen		
Gesamtkapitalrendite	5,15	%
Kumulierter Cashflow	18.454,42	€
Amortisationsdauer	14,8	Jahre
Stromgestehungskosten	0,1254	€/kWh
Zahlungsübersicht		
spezifische Investitionskosten	1.300,00	€/kWp
Investitionskosten	36.562,50	€
Einmalzahlungen	**13.700,00**	**€**
Batteriespeicher	13.700,00	€
Förderungen	0,00	€
Jährliche Kosten	731,25	€/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00	€/Jahr
Vergütung und Ersparnisse		
Gesamtvergütung im ersten Jahr	953,48	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	3.558,28	€/Jahr
EEG 2022 (Januar) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	01.01.2022 -	31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,067	€/kWh
Einspeisevergütung	953,4815	€/Jahr
Kommunaltarif (KOMMUNAL)		
Arbeitspreis	0,25	€/kWh
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	2	%/Jahr

Durch den Stromspeicher entstehen zusätzliche Investitionen von 13.700 €. Hierdurch reduziert sich der kumulierte Cashflow von 19.140 € auf 18.450 €. Die Anlage amortisiert sich nach rund 15 Jahren.

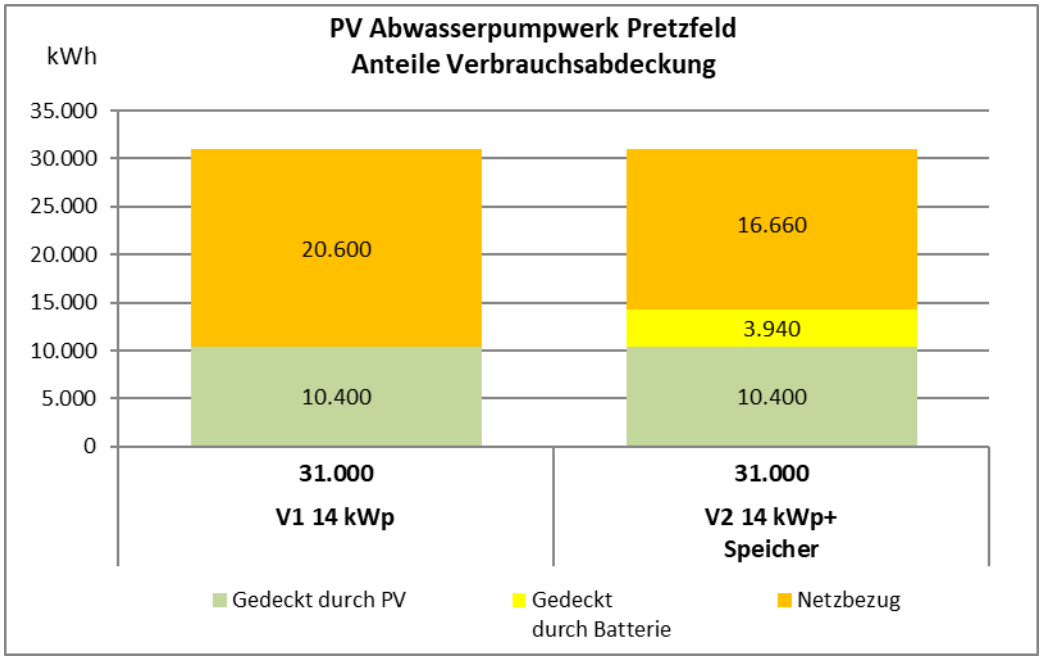
3.3.3.5 Variantenvergleich

PV-Stromerzeugung / Stromnutzung



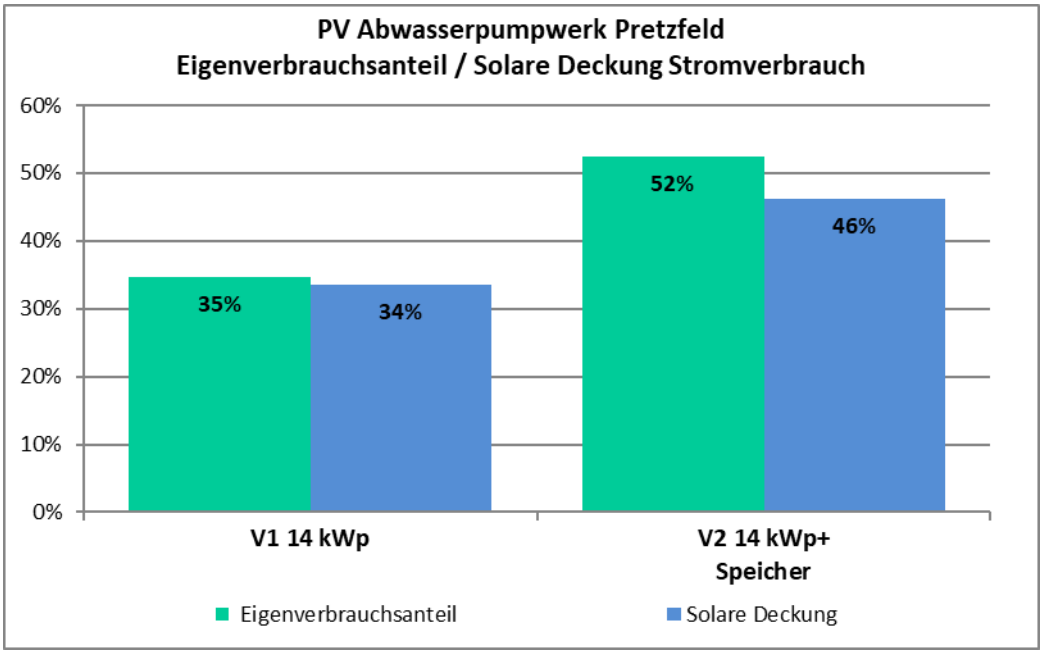
Durch die Batterieladung reduziert sich die Netzeinspeisung um 5.330 kWh/a.

Stromverbrauch / Verbrauchsabdeckung



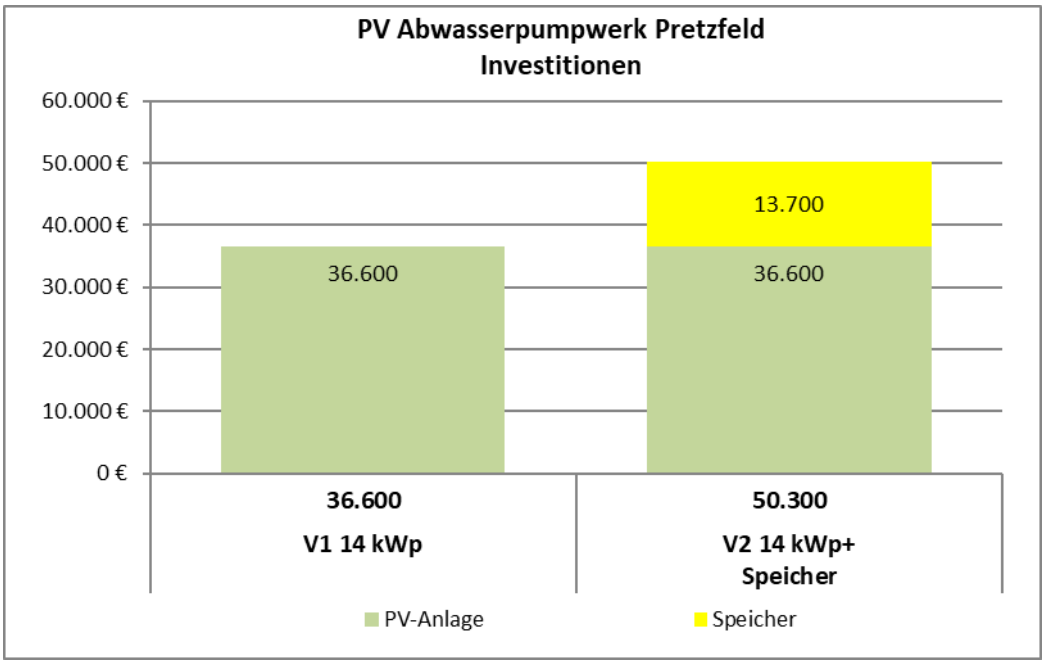
Die Differenz zwischen Batterieladung und der Verbrauchsdeckung durch die Batterie entstehen durch Verluste beim Be- und Entladen des Speichers, hier 1.390 kWh/a.

Stromverbrauch / Verbrauchsabdeckung



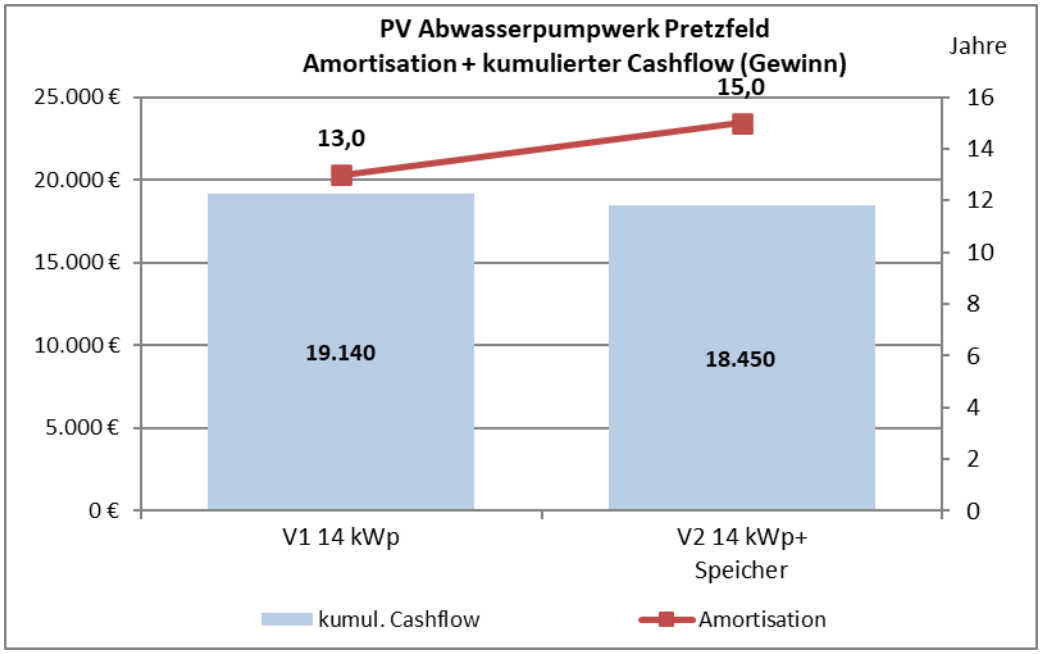
Durch den Stromspeicher erhöht sich die Stromeigennutzung der PV-Anlage um 17 % und die PV-Verbrauchsdeckung im Pumpwerk um 12 %.

Investitionen



Der 15 kWh Stromspeicher schlägt mit rund 13.700 € zu Buche. Dies erhöht die Investition immerhin um knapp 40%.

Wirtschaftlichkeit



Beide Varianten ergeben ein wirtschaftliches Ergebnis. Die schnellste Amortisation und den etwas höchsten Gewinn hat die Anlage ohne Stromspeicher.

Unter den hier angenommenen Rahmenbedingungen verringert sich Wirtschaftlichkeit durch einen Speicher um nur 690 €/a.

In der Berechnung ist eine Strompreissteigerung von 2 % berücksichtigt. Ab einer Preissteigerung von jährlich 2,5 % ist die Variante mit Stromspeicher wirtschaftlicher, da mehr Stromeinkauf für das Pumpwerk vermieden wird.

Die Preisentwicklung der Stromspeicher in den letzten Jahren hat außerdem gezeigt, dass in Zukunft weitere Preisnachlässe zu erwarten sind. Ein Speicher kann jederzeit auch nachträglich in ein PV-System eingebunden werden.

3.4 Wärmenetz Wannbach

Im Folgenden wird eine Voruntersuchung für eine Nahwärmeversorgung für den Ortsteil Wannbach durchgeführt. Hierfür hatte vor der Datenerhebung eine Informationsveranstaltung im Rahmen einer Bürgerversammlung stattgefunden, zu der alle Einwohner der Ortsteiles Wannbach eingeladen waren.

Bürgerversammlung 12.10.2021

Im Rahmen der Bürgerversammlung am 12.10.2010 wurde das Projekt Wärmenetz durch Herrn Bigge (Klimaschutzmanager Landkreis Forchheim) und Herrn Schrammek Energieagentur Nordbayern GmbH) vorgestellt. Fragen zu diesem Thema wurden diskutiert und beantwortet. Außerdem wurde der Fragebogen zur Datenerhebung und das weitere Vorgehen erläutert.

(Im Anhang die Präsentation zur Bürgerversammlung)

Nach Datenerhebung und Auswertung war für den 30.11.2021 eine zweite Bürgerversammlung zur Präsentation der Ergebnisse geplant. Die Veranstaltung wurde coronabedingt abgesagt.

3.4.1 Bürgerbefragung und Datenerhebung

- Datenerhebung vor Ort: 20. und 21. Okt. 2021

Am 20. und 21.10.2021 war ein Mitarbeiter der Energieagentur im Ortsteil Wannbach zur Datenerhebung vor Ort. Es wurde an jedem Gebäude geklingelt und bei Anwesenheit eines Anwohners das Projekt Wärmenetz erläutert sowie der Fragebogen überreicht. Waren keine Anwohner zuhause, wurde der Fragebogen in den Briefkasten eingeworfen. In einem zweiten Rundgang wurde teilweise nochmals geklingelt. Auch wurden Termine zur Beratung zuhause angeboten und durchgeführt.

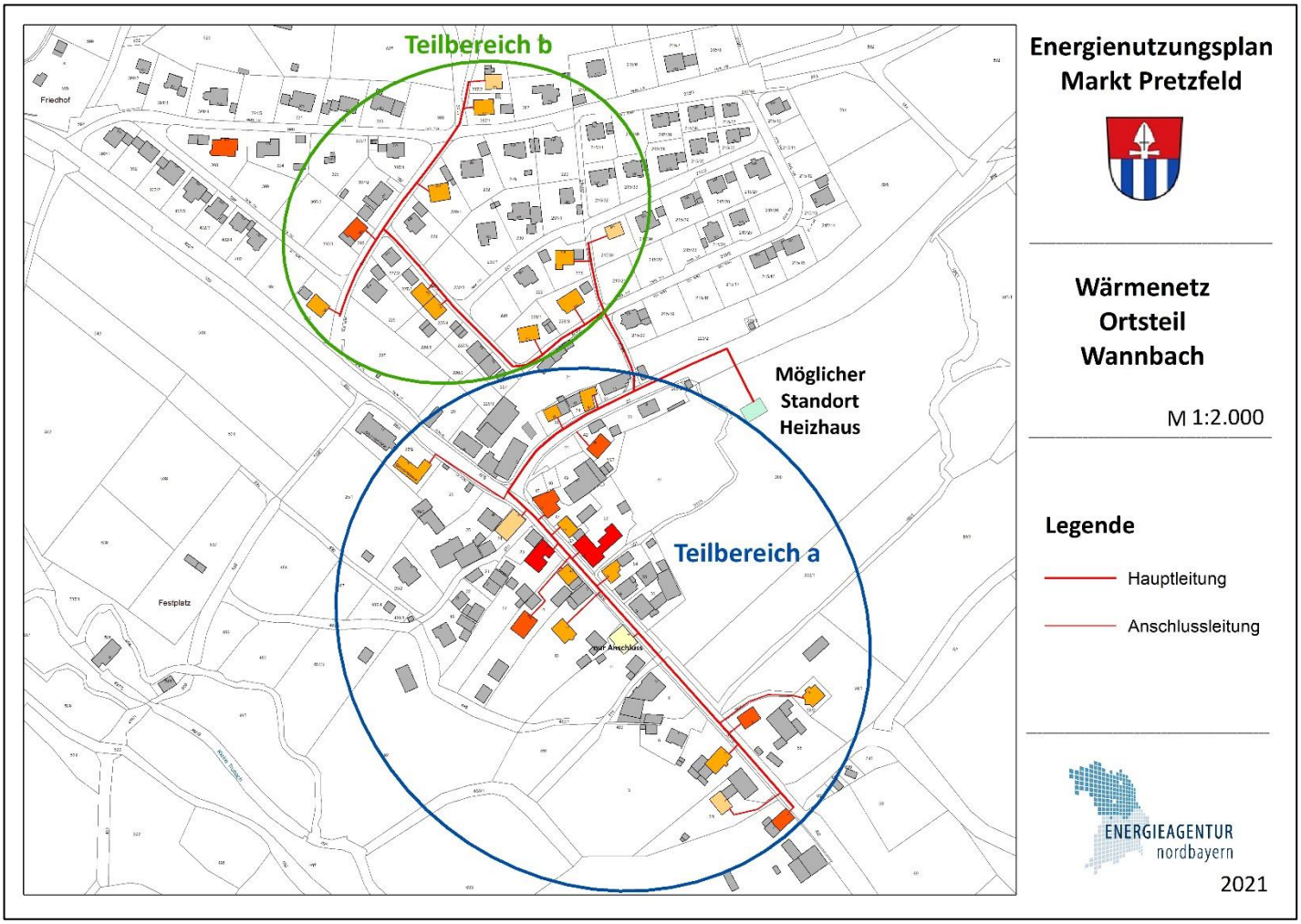
Im Rahmen der Datenerhebung wurden neben dem Anschlussinteresse der Wärmeverbrauch der Zentralheizung sowie mögliche, zusätzliche Heizsysteme wie Holzöfen und Solarthermieanlagen abgefragt. Zur Plausibilitätsprüfung wurden auch Gebäudedaten, wie z.B. die beheizte Fläche abgefragt.

Insgesamt gab es 31 positive Rückmeldungen, die insgesamt rund 750 MWh Wärme benötigen würden.

3.4.2 Konzept Wärmenetz

In einem zweiten Schritt wurden zwei Wärmetrassenabschnitte definiert und für jeden Teilbereich die Wärmebelegungsdichte berechnet. Somit können hocheffiziente und weniger effiziente Teilbereiche ausgewiesen werden. Folgende Abbildung zeigt eine mögliche Wärmetrasse mit den Teilbereichen a und b. Hier ist auch ein möglicher Standort für das Heizhaus dargestellt. Die Standortfrage ist aber noch nicht final geklärt.

Abbildung 77: Trassenführung Wärmenetz Wannbach



Plan maßstabsgerecht im Anhang

Als Schwellenwert für ein Wärmenetz sollten aus fördertechnischen und Effizienzgründen mindestens **500 kWh Wärme pro laufendem Trassenmeter (kWh/lfm)** erreicht werden, um die Förderkriterien nach KfW Programm „Erneuerbare Energien Premium) zu erfüllen (siehe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung). Unter 500 kWh/lfm ist keine Förderung des Vorhabens durch die KfW möglich, auch werden dann die Verluste im Wärmenetz unverhältnismäßig hoch.

Folgende Tabellen zeigen die Auswertung der dargestellten Teilbereiche:

Tabelle 10: Wärmebelegungsdicht Teilbereiche Wannbach

Teilbereich a	
Hauptleitung Teilbereich a	486 lfm
Anschlussleitung Teilbereich a	345 lfm
Wärmenetz Teilbereich a	**831 lfm**
Anzahl Gebäude Teilbereich a	**19**
Wärmebedarf Gebäude Teilbereich a	**512.471 kWh/a**
Wärmebelegungsdichte Teilbereich a	**617 kWh/lfm**
Teilbereich b	
Hauptleitung Teilbereich b	471 lfm
Anschlussleitung Teilbereich b	103 lfm
Wärmenetz Teilbereich b	**574 lfm**
Anzahl Gebäude Teilbereich b	**11**
Wärmebedarf Gebäude Teilbereich b	**218.398 kWh/a**
Wärmebelegungsdichte Teilbereich b	**380 kWh/lfm**
Teilbereich a+b	
Hauptleitung a+b	957 lfm
Anschlussleitung a+b	448 lfm
Wärmenetz a+b	**1.405 lfm**
Anzahl Gebäude a+b	**30**
Wärmebedarf Gebäude a+b	**730.869 kWh/a**
Wärmebelegungsdichte a+b	**520 kWh/lfm**

Teilbereich a erreicht mit dem dargestellten Standort für die Heizzentrale eine Wärmebelegungsdicht von 617 kWh/lfm. Teilbereich b erreicht lediglich eine Wärmebelegungsdicht von 380 kWh/lfm und wäre als Einzelnetz nicht förderfähig.

Teilbereich a und b zusammengenommen erfüllen mit 520 kWh/lfm gerade so die Förderkriterien. Der Standort der Heizzentrale darf aber nicht weiter außerhalb des Ortsteiles liegen, da sich durch eine Netzverlängerung die Wärmebelegungsdichte verschlechtern würde.

Ein Gebäude im nord-westlichen Bereich kann aufgrund der Entfernung zu den nächstgelegenen Wärmeabnehmern nicht berücksichtigt werden.

3.4.3 Auslegung und Wirtschaftlichkeit

Im Folgenden erfolgt ein Wirtschaftlichkeitsvergleich für einen Wärmeverbund Teilbereich a und das Gesamtnetz Teilbereiche a + b. Eine erste Auslegung und Simulation der Wärmenetze 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.

3.4.3.1 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 Wärmeeinheit MWh bzw. kWh für den Betreiber der Anlage entstehen. Hierdurch sind dann verschiedene Wärmeversorgungsvarianten vergleichbar.

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 (brutto)**
  - Hackschnitzel 89 €/Tonne 2,84 ct/kWh
  - Strom 29,52 ct/kWh
  - Heizöl 80 ct/Liter 8,00 ct/kWh

  Für die Brennstoffkosten wird folgende jährliche Preissteigerung angesetzt:
  - Hackschnitzel: 1,0 %
  - Heizöl: 2,5 %
  - 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 2,0 %

Tilgungszuschuss KfW „Erneuerbare Energien Premium“:

- 60 € je Trassenmeter Wärmeleitung
- 1.800 € je Wärmeübergabestation
- 250 €/m³ Pufferspeicher (mind. 10 m³ und 30 l/kW Nennwärmeleistung)
- bis zu 50 €/kW Biomassekessel
- Zzgl. 10 % KMU-Bonus (bei Betrieb des Wärmenetzes durch ein KMU)
- Zzgl. 30 % Energieeffizienz-Bonus (bei Ersatz inneffizienter dezentraler Heizungen)

3.4.3.2 Auslegung und Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach Teilbereiche a+b

Folgende Eingangsdaten werden zur Berechnung der Jahresdauerline berücksichtigt:

Tabelle 11: Kennzahlen Wärmenetz Teilbereiche a+b

Wärmebedarf Abnehmer MWh/a	731
Trassenlänge in lfm	1.405
Wärmebelegungsdichte in kWh/lfm	**520**
Pufferspeichervolumen m³	15

Der Pufferspeicher hat die Aufgabe, die Wärme eines Wärmeerzeugers aufzunehmen, sie zu speichern und bei Bedarf an das Heizungssystem abzugeben. Dadurch können Lastspitzen minimiert und die Deckungsrate durch den Grundlastkessel erhöht werden. Folgende Tabelle zeigt die maximale Heizlast und den gesamten Wärmebedarf im Netz:

Tabelle 12: Heizlast und Wärmebedarf im Netz Teilbereiche a+b

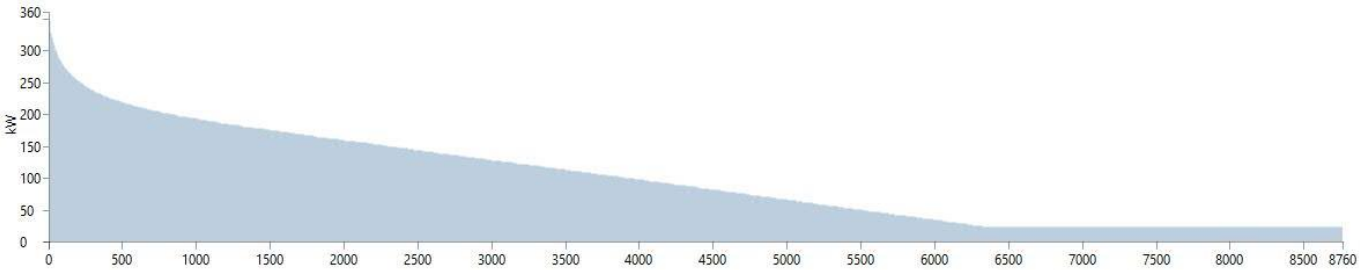
	Heizlast [kW]	**Wärmebedarf [MWh/a]**
Wärmeabnehmer (Gebäude)	410	731
Netzverluste 17 %	15	128
Pufferspeicherverluste	0	9,5
Summe	**425**	**869**

Die Wärmeabnehmer haben ohne Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors eine maximale Heizlast von 410 kW*. Die Wärmeverluste im Netz entsprechen mit 128 MWh/a ca. 17 % am Wärmebedarf der Abnehmer.

*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.

Aus den oben genannten Eingangsdaten ergibt sich in der Simulation folgende Jahresdauerlinie für die Netzlast:

Abbildung 78: Jahresdauerlinie Netzlast Teilbereiche a+b

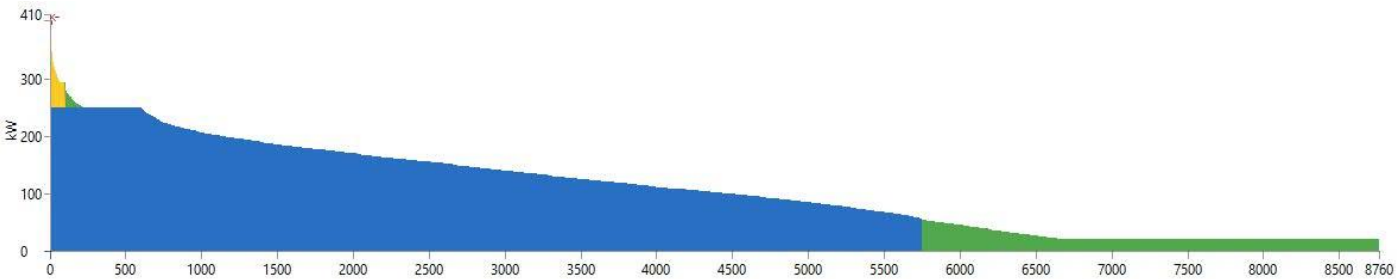


Quelle: Sophena 2.0

Die Jahresdauerlinie zeigt den Leistungsbedarf im Wärmenetz auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit bezogen auf 8.760 Jahresstunden. Die nur wenige Stunden im Jahr auftretende Bedarfsspitzen werden in der Regel durch einen Spitzenlastkessel abgedeckt, der nahezu ständig vorhandener Dauerbedarf durch den Grundlastkessel.

Aufgrund der Jahresdauerline der Netzlast wird für die weitere Simulation ein Hackschnitzel Grundlastkessel mit 250 kW Nennwärmeleistung und für die Spitzenlastabdeckung ein weiterer Hackschnitzelkessel mit 150 kW berücksichtigt. Daraus ergibt sich folgende Jahresdauerlinie mit Simulation der Laufzeiten der einzelnen Anlagenkomponenten:

Abbildung 79: Jahresdauerlinie Wärmeerzeugung Teilbereiche a+b



Quelle: Sophena 2.0

In der Grafik ist Wärmebereitstellung durch den Hackschnitzelkessel mit 250 kW als blaue Fläche zu erkennen. Der Wärmebeitrag des Spitzenlastkessels ist gelb. Die grüne Fläche zeigt die Wärmebereitstellung durch den Pufferspeicher.

Die Hackschnitzelkessel können je nach Planung auch auf einen Wechselbetrieb ausgelegt werden. Hierbei würde der 150 kW Kessel im Sommer die Warmwassererzeugung übernehmen, und so den größeren Kessel entlasten. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Simulation:

Tabelle 13: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Pufferspeicher Teilbereiche a+b

Wärmeerzeuger	Brennstoff-Verbrauch	Erzeugte Wärme [MWh/a]	Volllaststunden [h]
Hackschnitzelkessel 250 kW + 150 kW	Hackschnitzel: 307 t/a	869	3.490
			Anteil [%]
Pufferspeicher 15 m³		86	Deckungsbeitrag 10 %

Der Pufferspeicher hat einen Deckungsbeitrag von 10 % am Wärmebedarf.

Für das Wärmenetz Teilbereiche a+b ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten je MWh bzw. kWh:

Abbildung 80: Jahresgesamtkosten Wärmenetz Teilbereiche a+b

Wärmenetz Wannbach Teilbereiche a+b				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1 %, Strom 2,5 %				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Baukosten Heizhaus	140.000 €	50	0,0318	4.455 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	50.000 €	25	0,0512	2.561 €/a
Pufferspeicher Heizhaus 15.000 Liter	15.000 €	25	0,0512	768 €/a
Hackschnitzelkessel 250 kW	40.000 €	20	0,0612	2.446 €/a
Hackschnitzelkessel 150 kW	25.000 €	20	0,0612	1.529 €/a
Zubehör Hackschnitzelkessel / Montage	35.000 €	20	0,0612	2.140 €/a
Wärmenetz-Pumpen	8.000 €	15	0,0778	623 €/a
Hauptleitung Teilbereich a, Duo DN 50 (ohne Tiefbau)	43.740 €	40	0,0366	1.599 €/a
Anschluss Teilbereich a, Duo DN 25 (ohne Tiefbau)	17.250 €	40	0,0366	631 €/a
Hauptleitung Teilbereich b, Duo DN 40 (ohne Tiefbau)	32.970 €	40	0,0366	1.205 €/a
Anschluss Teilbereich b, Duo DN 25 (ohne Tiefbau)	5.150 €	40	0,0366	188 €/a
Hauptleitung Tiefbau	248.820 €	40	0,0366	9.096 €/a
Anschlussleitung Tiefbau	67.200 €	40	0,0366	2.457 €/a
Wärmeübergabestationen Teilbereich a	76.000 €	20	0,0612	4.648 €/a
Wärmeübergabestationen Teilbereich b	44.000 €	20	0,0612	2.691 €/a
Baunebenkosten 18%	153.000 €	30	0,0446	6.831 €/a
Gesamtinvestitionen	**1.001.130 €**			
Abzüglich KfW-Zuschuss Wärmenetz, 60 €/lfm	-84.300 €	40	0,0366	-3.082 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Hackschnitzelkessel, 50 €/kW	-20.000 €	20	0,0612	-1.223 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Wärmeübergabestation, je 1.800 €	-54.000 €	20	0,0612	-3.302 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Pufferspeicher, 250 €/m³	-3.750 €	25	0,0512	-192 €/a
Abzüglich 10 % KMU-Bonus	-16.205 €	30	0,0446	-724 €/a
Abzüglich 30 % Energieeffizienz-Bonus	-48.615 €	30	0,0446	-2.171 €/a
Abzüglich gesamter KfW-Zuschuss	**-226.870 €**			
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss netto	**774.260 €**			
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss brutto	**921.369 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten netto (gerundet)				**36.300 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**43.200 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchgebundene Kosten Hackschnitzel	23.049 €/a	**1,00**	1,0952	25.200 €/a
Hilfsenergie Strom	3.232 €/a	**2,50**	1,2607	4.100 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten netto	**26.281 €/a**			**29.300 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**31.300 €/a**			**34.900 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandhaltung, Hackschnitzelkessel	3.800 €/a	1,00	1,0952	4.200 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	1.850 €/a	1,00	1,0952	2.000 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	1.151 €/a	1,00	1,0952	1.300 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmeübergabestationen	3.600 €/a	1,00	1,0952	3.900 €/a
Sonstige Kosten (Versicherung, Verwaltung, ...)	4.241 €/a	1,00	1,0952	4.600 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten netto	**14.642 €/a**			**16.000 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**17.400 €/a**			**19.000 €/a**
Jahresgesamtkosten netto	**77.223 €/a**			**81.600 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**91.900 €/a**			**97.100 €/a**
Jahreswärmebedarf Abnehmer	731 MWh/a			731 MWh/a
Wärmegestehungskosten netto	**aktuell: 106 €/MWh**		**über 20 Jahre:**	**112 €/MWh**
Wärmegestehungskosten brutto	**aktuell: 126 €/MWh**		**über 20 Jahre:**	**133 €/MWh**

Die Gesamtinvestitionen abzüglich KfW-Zuschuss belaufen sich auf rund 920.00 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 43.200 €/a.

Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen 31.300 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung von jährlich 1 % steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 34.900 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich auf 17.400 bzw. 19.000 € jährlich.

Die Wärmegestehungskosten betragen aktuell 126 €/MWh (12,6 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 133 €/MWh (13,3 ct/kWh).

3.4.3.3 Auslegung und Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach Teilbereich a

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit für den Teilbereich a im Altort mit der etwas höheren Wärmebelegungsdichte berechnet.

Tabelle 14: Kennzahlen Wärmenetz Teilbereiche a

Wärmebedarf Abnehmer MWh/a	513
Trassenlänge in lfm	831
Wärmebelegungsdichte in kWh/lfm	**617**
Pufferspeichervolumen m³	10

Der Pufferspeicher hat die Aufgabe, die Wärme eines Wärmeerzeugers aufzunehmen, sie zu speichern und bei Bedarf an das Heizungssystem abzugeben. Dadurch können Lastspitzen minimiert und die Deckungsrate durch den Grundlastkessel erhöht werden. Folgende Tabelle zeigt die maximale Heizlast und den gesamten Wärmebedarf im Netz:

Tabelle 15: Heizlast und Wärmebedarf im Netz Teilbereiche a

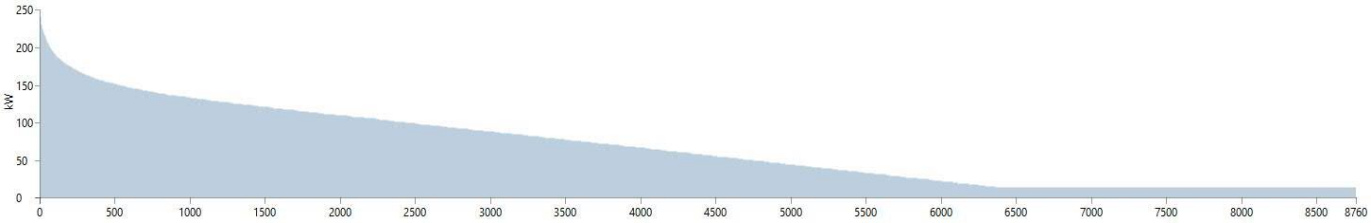
	Heizlast [kW]	**Wärmebedarf [MWh/a]**
Wärmeabnehmer (Gebäude)	288	513
Netzverluste 14 %	8	72
Pufferspeicherverluste	0	5,9
Summe	**296**	**591**

Die Wärmeabnehmer haben ohne Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors eine maximale Heizlast von 288 kW*. Die Wärmeverluste im Netz entsprechen mit 72 MWh/a ca. 14 % am Wärmebedarf der Abnehmer.

*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.

Aus den oben genannten Eingangsdaten ergibt sich in der Simulation folgende Jahresdauerlinie für die Netzlast:

Abbildung 81: Jahresdauerlinie Netzlast Teilbereiche a

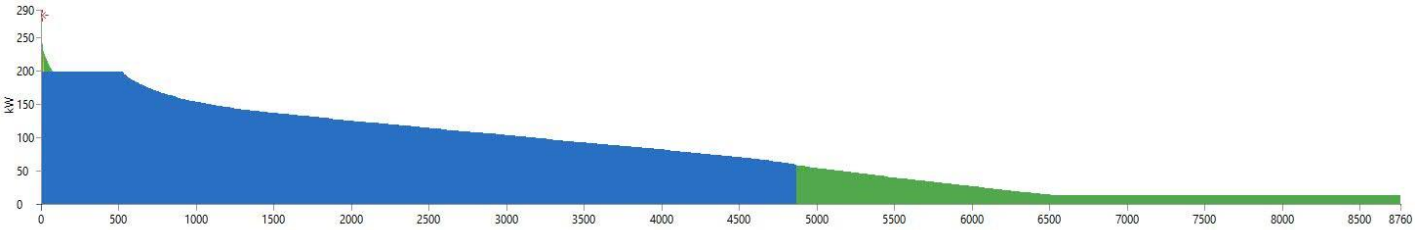


Quelle: Sophena 2.0

Die Jahresdauerlinie zeigt den Leistungsbedarf im Wärmenetz auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit bezogen auf 8.760 Jahresstunden. Die nur wenige Stunden im Jahr auftretende Bedarfsspitzen werden in der Regel durch einen Spitzenlastkessel abgedeckt, der nahezu ständig vorhandener Dauerbedarf durch den Grundlastkessel.

Aufgrund der Jahresdauerline der Netzlast wird für die weitere Simulation ein Hackschnitzel Grundlastkessel mit 200 kW Nennwärmeleistung und für die Spitzenlastabdeckung ein weiterer Hackschnitzelkessel mit 100 kW berücksichtigt. Daraus ergibt sich folgende Jahresdauerlinie mit Simulation der Laufzeiten der einzelnen Anlagenkomponenten:

Abbildung 82: Jahresdauerlinie Wärmeerzeugung Teilbereiche a



Quelle: Sophena 2.0

In der Grafik ist Wärmebereitstellung durch den Hackschnitzelkessel mit 200 kW als blaue Fläche zu erkennen. Der Wärmebeitrag des Spitzenlastkessels ist gelb (kaum Darstellbar). Die grüne Fläche zeigt die Wärmebereitstellung durch den Pufferspeicher.

Die Hackschnitzelkessel können je nach Planung auch auf einen Wechselbetrieb ausgelegt werden. Hierbei würde der 100 kW Kessel im Sommer die Warmwassererzeugung übernehmen, und so den größeren Kessel entlasten.

Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Simulation:

Tabelle 16: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Pufferspeicher Teilbereiche a

Wärmeerzeuger	Brennstoff-verbrauch	Erzeugte Wärme [MWh/a]	Volllaststunden [h]
Hackschnitzelkessel 200 kW + 100 kW	Hackschnitzel: 213 t/a	591	2.970
			Anteil [%]
Pufferspeicher 10 m³		91	Deckungsbeitrag 15 %

Der Pufferspeicher hat einen Deckungsbeitrag von 15 % am Wärmebedarf.

Für das Wärmenetz Teilbereich a ergeben sich folgende Investitionen, Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten je MWh bzw. kWh:

Abbildung 83: Jahresgesamtkosten Wärmenetz Teilbereich a

Wärmenetz Wannbach Teilbereiche a				
Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, Preissteigerung Hack 1 %, Strom 2,5 %				
		Zins	**2,00%**	
Jährliche durchschnittliche Aufwendungen				
Kapitalgebundene Kosten				
	Investition	Nutzungs-dauer [a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Baukosten Heizhaus	120.000 €	50	0,0318	3.819 €/a
Heizraum Technik/Hydraulik	40.000 €	25	0,0512	2.049 €/a
Pufferspeicher Heizhaus 10.000 Liter	10.000 €	25	0,0512	512 €/a
Hackschnitzelkessel 200 kW	35.000 €	20	0,0612	2.140 €/a
Hackschnitzelkessel 100 kW	20.000 €	20	0,0612	1.223 €/a
Zubehör Hackschnitzelkessel / Montage	30.000 €	20	0,0612	1.835 €/a
Wärmenetz-Pumpen	6.000 €	15	0,0778	467 €/a
Hauptleitung Teilbereich a, Duo DN 50 (ohne Tiefbau)	43.740 €	40	0,0366	1.599 €/a
Anschluss Teilbereich a, Duo DN 25 (ohne Tiefbau)	17.250 €	40	0,0366	631 €/a
Hauptleitung Teilbereich b, Duo DN 40 (ohne Tiefbau)	0 €	40	0,0366	0 €/a
Anschluss Teilbereich b, Duo DN 25 (ohne Tiefbau)	0 €	40	0,0366	0 €/a
Hauptleitung Tiefbau	126.360 €	40	0,0366	4.619 €/a
Anschlussleitung Tiefbau	51.750 €	41	0,0360	1.862 €/a
Wärmeübergabestationen Teilbereich a	76.000 €	20	0,0612	4.648 €/a
Wärmeübergabestationen Teilbereich b	0 €	20	0,0612	0 €/a
Baunebenkosten 18%	104.000 €	30	0,0446	4.644 €/a
Gesamtinvestitionen	**680.100 €**			
Abzüglich KfW-Zuschuss Wärmenetz, 60 €/lfm	-49.860 €	40	0,0366	-1.823 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Hackschnitzelkessel, 50 €/kW	-15.000 €	20	0,0612	-917 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Wärmeübergabestation, je 1.800 €	-34.200 €	20	0,0612	-2.092 €/a
Abzüglich KfW-Zuschuss Pufferspeicher, 250 €/m³	-2.500 €	25	0,0512	-128 €/a
Abzüglich 10 % KMU-Bonus	-10.156 €	30	0,0446	-453 €/a
Abzüglich 30 % Energieeffizienz-Bonus	-30.468 €	30	0,0446	-1.360 €/a
Abzüglich gesamter Zuschuss	**-142.184 €**			
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss netto	**537.916 €**			
Gesamtinvestition abzüglich Zuschuss brutto	**640.120 €**			
Summe der kapitalgebundenen Kosten netto (gerundet)				**25.200 €/a**
Summe der kapitalgebundenen Kosten brutto (gerundet)				**30.000 €/a**
Verbrauchsgebundene Kosten				
	Energiekosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Verbrauchgebundene Kosten Hackschnitzel	15.764 €/a	**1,00**	1,0952	17.300 €/a
Hilfsenergie Strom	2.211 €/a	**2,50**	1,2607	2.800 €/a
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten netto	**17.975 €/a**			**20.100 €/a**
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten brutto	**21.400 €/a**			**23.900 €/a**
Betriebsgebundene Kosten				
	Betriebskosten €/a	Preisänderung [%/a]	Preisdyn. Annuitätsf.	Kosten pro Jahr
Wartung, Instandhaltung, Hackschnitzelkessel	3.225 €/a	1,00	1,0952	3.500 €/a
Wartung, Instandsetzung, Heiztechnik	1.500 €/a	1,00	1,0952	1.600 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmenetz	730 €/a	1,00	1,0952	800 €/a
Wartung, Instandsetzung, Wärmeübergabestationen	2.280 €/a	1,00	1,0952	2.500 €/a
Sonstige Kosten (Versicherung, Verwaltung, ...)	2.881 €/a	1,00	1,0952	3.200 €/a
Summe der betriebsgebundenen Kosten netto	**10.615 €/a**			**11.600 €/a**
Summe der betriebsgebundenen Kosten brutto	**12.600 €/a**			**13.800 €/a**
Jahresgesamtkosten netto	**53.790 €/a**			**56.900 €/a**
Jahresgesamtkosten brutto	**64.000 €/a**			**67.700 €/a**
Jahreswärmebedarf Abnehmer	513 MWh/a			513 MWh/a
Wärmegestehungskosten netto	**aktuell: 105 €/MWh**		**über 20 Jahre:**	**111 €/MWh**
Wärmegestehungskosten brutto	**aktuell: 125 €/MWh**		**über 20 Jahre:**	**132 €/MWh**

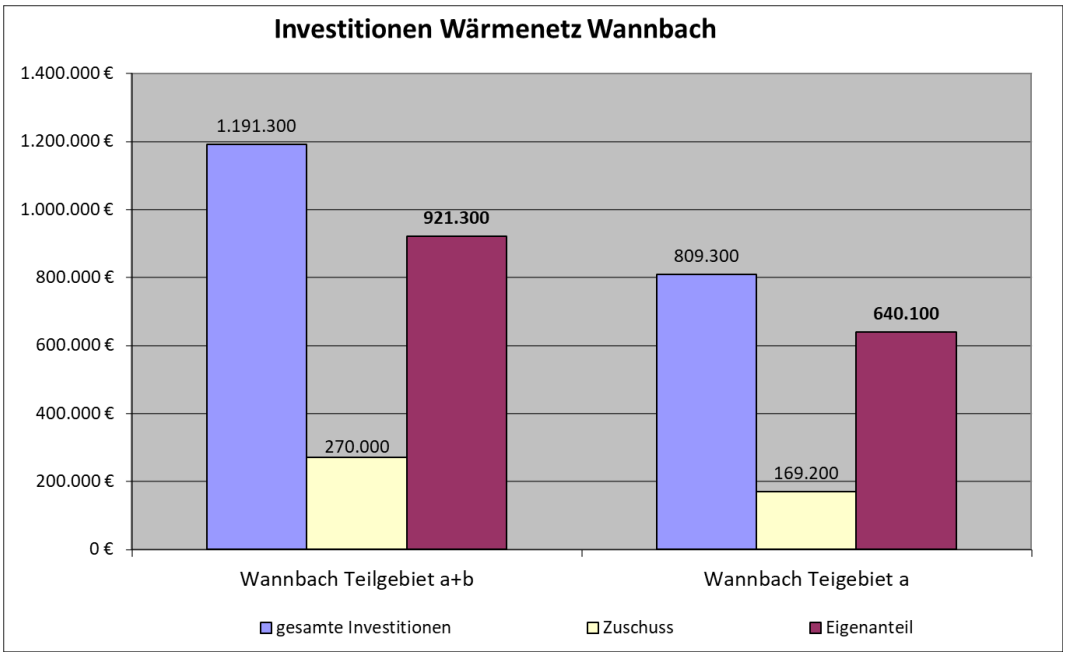
Die Gesamtinvestitionen abzüglich KfW-Zuschuss belaufen sich auf rund 640.000 € netto. Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer der Komponenten kapitalgebundene Kosten in Höhe von 30.000 €/a.

Die aktuellen verbrauchsgebundenen Kosten betragen 21.400 €. Unter Berücksichtigung der angenommenen Preissteigerung steigen diese in der 20-Jahresbetrachtung auf durchschnittlich 23.900 € pro Jahr. Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Instandsetzung und sonstiges belaufen sich auf 12.600 bzw. 13.800 € jährlich.

Die Wärmegestehungskosten betragen aktuell 125 €/MWh (12,5 ct/kWh) im 20-Jahresdurchschnitt ergeben sich 132 €/MWh (13,2 ct/kWh).

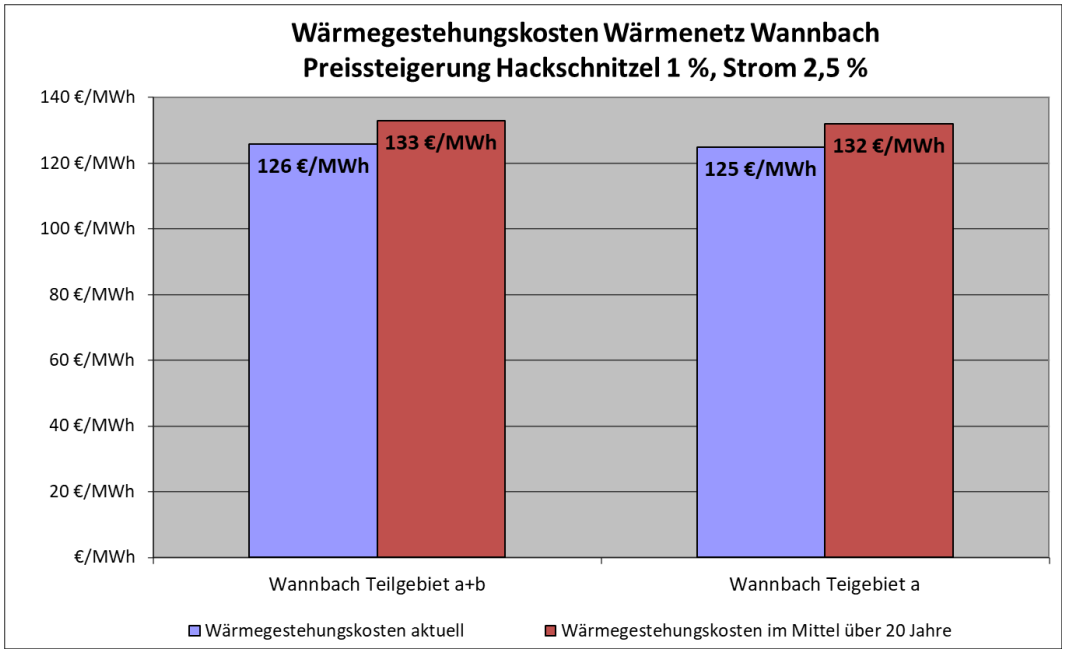
3.4.4 Variantenvergleich Wärmenetz Wannbach

Abbildung 84: Investitionen Wärmenetz Wannbach



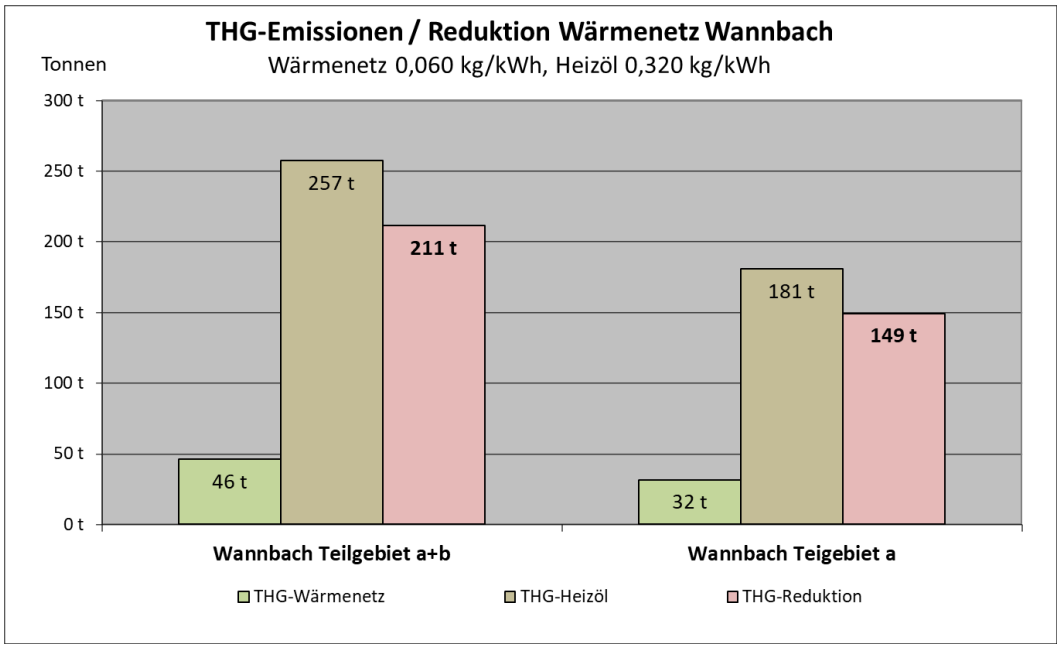
Die absoluten Investitionen sind bei dem kleineren Wärmewert Teilbereich a um ca. 30 % geringer. Der KfW-Zuschuss beträgt jeweils rund 20 %.

Abbildung 85: Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach



Die Wärmegestehungskosten sind bei beiden Netzvarianten annähernd gleich hoch. Die Wärmegestehungskosten sind bei weit über 100 €/MWh für eine wirtschaftliche Vermarktung allerdings deutlich zu hoch.

Abbildung 86: THG-Emissionen / Reduktion gegenüber Heizöl



Stellt man die THG-Emissionen, die durch eine zentrale Wärmeversorgung (Hackschnitzel und Hilfsenergie Strom) entstehen, einer Heizöl-Einzelversorgung der Gebäude gegenüber, können beim größeren Netz 211 Tonnen und beim kleineren Netz 149 Tonnen eingespart werden.

4 Anhang

4.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte Markt Pretzfeld 8
Abbildung 2: Einwohnerentwicklung 2010 bis 2020 9
Abbildung 3: Flächennutzung 10
Abbildung 4: Gebäudenutzung Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf 11
Abbildung 5: Gebäudenutzung Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein 12
Abbildung 6: Installierte Solarthermieanlagen 13
Abbildung 7: Solarthermie Ausbaupotenzial 13
Abbildung 8: Geförderte Biomasseanlagen 14
Abbildung 9: Biomasseanlagen Ausbaupotenzial 14
Abbildung 10: Wärmepumpen Bestand und Ausbaupotenzial 15
Abbildung 11: Nutzungspotenzial oberflächennahe Geothermie 16
Abbildung 12: Regenerative Wärmeerzeugung / Ausbaupotenzial 17
Abbildung 13: Anteile regeneratives Wärmeerzeugungspotenzial 17
Abbildung 14: Heizwärmebedarf für Wohngebäude nach Ausführungsstandard 18
Abbildung 15: Altersstruktur des Wohnraums 19
Abbildung 16: Entwicklung Wohnfläche und Heizwärmebedarf 20
Abbildung 17: Entwicklung Endenergiebedarf Wohngebäude 20
Abbildung 18: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Referenzszenario 22
Abbildung 19: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf je m² Wohnfläche, Referenzszenario 22
Abbildung 20: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf Effizienzszenario 23
Abbildung 21: Reduktionspotenzial Endenergiebedarf je m² Wohnfläche, Effizienzszenario 23
Abbildung 22: Aufteilung Wärmebedarf nach Verbrauchern gesamtes Gemeindegebiet 24
Abbildung 23: Aufteilung Wärmebereitstellung nach Energieträgern und THG-Emissionen 25
Abbildung 24: Jahreswärmebedarf je Gebäude Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf 26
Abbildung 25: Jahreswärmebedarf je Gebäude Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein 27
Abbildung 26: Gebäudebestand Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf 28
Abbildung 27: Gebäudebestand Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein 29
Abbildung 28: Referenzszenario Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf 30
Abbildung 29: Referenzszenario Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein 31
Abbildung 30: Effizienzszenario Wärmekataster Pretzfeld, Kolmreuth, Altreuth, Hagenbach, Poppendorf, Hetzelsdorf 32
Abbildung 31: Effizienzszenario Wärmekataster Lützelsdorf, Wannbach, Unterzaunsbach, Oberzaunsbach, Urspring, Pfaffenloh, Eberhardstein 33
Abbildung 32: Benchmark Rathaus 35

Abbildung 33: Benchmark Schulzentrum 35
Abbildung 34: Benchmark Bauhof 36
Abbildung 35: Benchmark Kinderhort 36
Abbildung 36: Benchmark ehemaliges Lehrerwohnhaus 37
Abbildung 37: Benchmark FFW Pretzfeld 37
Abbildung 38: Benchmark FFW Hagenbach 38
Abbildung 39: Benchmark FFW Hagenbach 38
Abbildung 40: Benchmark FFW Hagenbach 39
Abbildung 41: Benchmark FFW Hagenbach 39
Abbildung 42: Stromverbrauch weitere Gebäude 40
Abbildung 43: Stromverbrauch Pumpwerke 40
Abbildung 44: Luftbild Schulzentrum 42
Abbildung 45: Benchmark Schulzentrum 43
Abbildung 46: Haupteingang zur Aula, Nord-Ost Ansicht 44
Abbildung 47: Süd-Ost Ansicht Klassentrakt 44
Abbildung 48: Detailansicht neue Fenster 45
Abbildung 49: Nordansicht Turnhalle 45
Abbildung 50: Innenansicht Turnhalle 46
Abbildung 51: Heizraum Mittelschule 47
Abbildung 52: Heizungsregelung 48
Abbildung 53: Heizkreisverteilung 48
Abbildung 54: Heizungspumpen 49
Abbildung 55: Heizkörper 1 49
Abbildung 56: Heizkörper 2 50
Abbildung 57: Sanitärräume Warmwasser Durchlauferhitzer 50
Abbildung 58: Luftheizung Sporthalle 51
Abbildung 59: Einblasöffnungen Sporthalle 51
Abbildung 60: Absaugung Sporthalle 52
Abbildung 61: Klassenzimmer mit Leuchtstoffröhren 53
Abbildung 62: Klassenzimmer mit LED-Röhren 53
Abbildung 63: Sporthalle mit Leuchtstoffröhren 54
Abbildung 64: Einsparpotenzial Einzelmaßnahmen Gebäudehülle 56
Abbildung 65: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwertkessel Einzelmaßnahme 61
Abbildung 66: Möglicher Standort Hackschnitzelzentrale 62
Abbildung 67: Jahresgesamtkosten Hackschnitzelzentrale Einzelmaßnahme 63
Abbildung 68: Investitionen Einzelmaßnahme Wärmeversorgung 64
Abbildung 69: Jahresgesamtkosten Einzelmaßnahme Wärmeversorgung 64
Abbildung 70: THG-Emissionen Einzelmaßnahme Wärmeversorgung 65
Abbildung 71: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwertkessel Einzelmaßnahme 69
Abbildung 72: Investitionen Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100 71
Abbildung 73: Jahresgesamtkosten Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100 71
Abbildung 74: THG-Emissionen Heizöl-Brennwert / Effizienzgebäude 100 72
Abbildung 75: Dachaufsicht und Seitenansicht Pumpwerk Altreuth 79
Abbildung 76: Lageplan und Anlagensimulation Abwasserpumpwerk Pretzfeld 88
Abbildung 77: Trassenführung Wärmenetz Wannbach 97
Abbildung 78: Jahresdauerlinie Netzlast Teilbereiche a+b 101

Abbildung 79: Jahresdauerlinie Wärmeerzeugung Teilbereiche a+b 101
Abbildung 80: Jahresgesamtkosten Wärmenetz Teilbereiche a+b 102
Abbildung 81: Jahresdauerlinie Netzlast Teilbereiche a 104
Abbildung 82: Jahresdauerlinie Wärmeerzeugung Teilbereiche a 104
Abbildung 83: Jahresgesamtkosten Wärmenetz Teilbereich a 105
Abbildung 84: Investitionen Wärmenetz Wannbach 106
Abbildung 85: Wärmegestehungskosten Wärmenetz Wannbach 107
Abbildung 86: THG-Emissionen / Reduktion gegenüber Heizöl 107

4.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen Gebäudehülle Einzelmaßnahmen und energetische Bewertung 58
Tabelle 2: Investitionen, Energieeinsparung Einzelmaßnahmen 59
Tabelle 3: Einsparpotenzial Wärmeverbrauch Effizienzgebäude 100 66
Tabelle 4: Einsparpotenzial Wärmekosten Effizienzgebäude 100 67
Tabelle 5: Einsparpotenzial Stromverbrauch Effizienzgebäude 100 67
Tabelle 6: Einsparpotenzial Stromkosten Effizienzgebäude 100 68
Tabelle 7: Aktuelle Einspeisevergütung für Gebäudeanlagen 74
Tabelle 8: EEG-Umlage auf Eigenverbrauch 74
Tabelle 9: Parameter der Anlagensimulation 77
Tabelle 10: Wärmebelegungsdicht Teilbereiche Wannbach 98
Tabelle 11: Kennzahlen Wärmenetz Teilbereiche a+b 100
Tabelle 12: Heizlast und Wärmebedarf im Netz Teilbereiche a+b 100
Tabelle 13: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Pufferspeicher Teilbereiche a+b 101
Tabelle 14: Kennzahlen Wärmenetz Teilbereiche a 103
Tabelle 15: Heizlast und Wärmebedarf im Netz Teilbereiche a 103
Tabelle 16: Energiebereitstellung Hackschnitzelkessel/Pufferspeicher Teilbereiche a 104

4.3 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_2	Kohlendioxid
CO_2 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_o	oberer Heizwert
H_t	Transmissionswärmeverluste nach EnEV
H_u	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_p	Jahresprimärenergiebedarf nach EnEV
RLT-Anlage	Raumlufttechnische Anlage
Srm	Schüttraummeter
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
UBA	Umweltbundesamt
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
WRG	Wärmerückgewinnung
WSVO	Wärmeschutzverordnung
wb	witterungsbereinigt, Witterungsbereinigung
WW	Warmwasser

4.4 Einheiten

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

4.5 Pläne

Gebäudebestand – Nutzung nach digitaler Flurkarte

Gebäudebestand – Jahreswärmebedarf nach Kennwerten

Wärmekataster - Bestand

Wärmekataster – Sanierung Referenzszenario

Wärmekataster – Sanierung Effizienzszenario

Wärmenetz Ortsteil Wannbach