

## Energetische Versorgungsvarianten Gewann Bachtobel in Kressbronn am Bodensee



im Auftrag der

**Gemeinde Kressbronn**  
**Hauptstraße 19**  
**88079 Kressbronn am Bodensee**



erstellt im Juli 2020

durch

**Terra Consulting GmbH**  
**73230 Kirchheim unter Teck**



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassende Darstellung</b>	<b>3</b>
1.1	Verbale Zusammenfassung	3
1.2	Ergebnisübersicht	3
<b>2</b>	<b>Informationen zum Hintergrund</b>	<b>5</b>
2.1	Allgemeine Informationen über das Unternehmen	5
2.2	Informationen über den Energieberater und die methodische Vorgehensweise	5
2.3	Kontext der Energieberatung	5
2.4	Beschreibung des betrachteten Objektes	6
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Analyse</b>	<b>7</b>
3.1	Gebäudedaten	7
3.2	Energieverbrauchsdaten	7
3.3	Varianten und Preisabhängigkeiten	9
3.4	Solardaten	9
3.5	Wirtschaftliche Sensitivitätsbetrachtungen	10
3.6	Die Kosten – und Umweltsituation	10
3.7	Wirtschaftlichkeitskennzahlen	11
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>12</b>
4.1	Dezentrale Versorgung Einfamilienhaus (EFH)	13
4.2	Dezentrale Versorgung Mehrfamilienhaus (MFH)	15
4.3	Zentrale Varianten (gesamtes Quartier)	17
<b>5</b>	<b>Umsetzungskonzept</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>22</b>
6.1	Holzpellet-Kesselanlage in Kombination mit gemeinsamer PV	22
6.2	Kaltes Netz + Wärmepumpe + gemeinsame PV	23
6.3	Ergebnisgrafiken für EFH	24
6.4	Ergebnisgrafiken für MFH	25
6.5	Ergebnisgrafiken für Quartierskonzept	27

Alle €-Beträge sind brutto ausgewiesen, da es sich in der Regel um private Endkunden handelt. Als Umsatzsteuersatz sind 19% angesetzt, der erwartungsgemäß ab dem Jahr 2021 wieder die Grundlage sein wird.



## 1 Zusammenfassende Darstellung

### 1.1 Verbale Zusammenfassung

Es zeigt sich, dass die zentralen Varianten gegenüber der Einzelversorgung der Häuser grundsätzlich

- a) wirtschaftlich vorteilhafter sind
- b) weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen

Daher werden folgende Umsetzungsvorschläge gemacht:

- Auf jeden Fall zentrale Versorgung aus einer Energiezentrale mit vorhandener Gebäudehülle (z.B. Kindergarten)
- Entweder BHKW mit Spitzenlastkessel
- oder Pelletanlage mit PV
- Betrieb der Stromerzeuger (BHKW oder PV) in einem eigenen Subnetz

#### **Erläuterung:**

BHKW und PV lassen sich nur schlecht ergänzen, da beides Stromerzeuger sind und sich daher gegenseitig ausschließen. Beide Systeme erzeugen Strom, der durch Investition und Betrieb bezahlt werden muss. Wohingegen beim gleichzeitigen Betrieb zum einen die Gestehungskosten durch doppelte Investition und Betrieb steigen, ist auf der Abnahmeseite nur eine leicht erhöhte Abnahme möglich. Das macht die Kombination dieser beiden Technologien wirtschaftlich unattraktiv.

Das System der „kalten Nahwärme“ ist nur mit großen Fördermittelbeitrag wirtschaftlich darstellbar. Selbst dann ist zu hinterfragen, wie die Abschreibungen aus den Fördermitteln erwirtschaftet werden, um auch im nächsten Lebenszyklus der Hauptkomponenten eine für alle Beteiligten erfolgreiche Versorgung darzustellen. Vor dem Hintergrund, dass andere Lösungen die gleiche oder gar bessere Wirtschaftlichkeit zeigen und auch emissionsseitig die kalte Nahwärme nur ganz knapp von der Pelletvariante an der Spitze der betrachteten Systeme liegt, wird davon abgeraten.

### 1.2 Ergebnisübersicht

1. Die zentrale Varianten der Versorgung sind den dezentralen sowohl wirtschaftlich als auch umwelttechnisch überlegen.
2. Bei den Zentralsystemen macht sich insbesondere günstig bemerkbar, dass über den Stromausgleich die PV-Anlagen ganz erheblich effizienter genutzt werden können.
3. Zudem ist festzustellen, dass die MFH durch eine limitierte Dachfläche nicht den Eigenstromerzeugungsanteil darstellen können, wie es technisch sinnvoll wäre. Erst



durch den Mix der Gebäude ist eine effiziente Gesamtauslastung möglich.

4. Eine Förderung z.B. des „kalten Netzes“ verändert die Wirtschaftlichkeit nicht entscheidend:
  - a. Trotz einer 50%-igen Förderung sind die Varianten Holzpellet-Kesselanlage in Kombination mit PV bzw. Erdgaskessel + BHKW wirtschaftlich vorteilhafter
  - b. Es ist zu bedenken, dass die Förderung zwar bei der Anfangsinvestition nützt, jedoch auch dieses Geld im Laufe der Betriebszeit wieder erwirtschaftet werden muss, um nach der Nutzungszeit der jeweiligen Komponente wieder neu investieren zu können ohne die Preise beim Endkunden dann zu erhöhen!

**Empfehlung:**

Umsetzung der zentralen Variante Holzpellet-Kesselanlage + Stromnetz mit gemeinsamer PV mit Quartiers-Stromnetz.

Das zu erarbeitende Betreiberkonzept ist jedoch wegen des nicht notwendigen Eingriffes in die Heizungsstruktur der einzelnen Wohngebäude nicht so komplex, wie bei der Variante mit „kaltem Netz“ und Steuerung der Wärmepumpen in jedem Gebäude.



## 2 Informationen zum Hintergrund

### 2.1 Allgemeine Informationen über das Unternehmen

Terra Consulting GmbH ist darauf spezialisiert, für Contractoren, Energieversorger und Anwender Anlagenkonzepte zu erstellen und vorhandene Konzepte zu analysieren. Hierbei werden alle wesentlichen Energieanlagen wie BHKW, Kessel, Kälteanlagen, Mess- und Regeltechnik, Solar u.v.m. betrachtet.

Federführend für die Bearbeitung war Dipl.-Ing. Peter Schäfer, der auch umfangreiche Betreibererfahrung durch langjährige Erfahrung im Contracting-Bereich hat.

### 2.2 Informationen über den Energieberater und die methodische Vorgehensweise

Für rechtliche Fragen im Zuge der Auftragsbearbeitung wurde Rechtsanwalt Matthias Weise hinzugezogen, welcher Spezialist in allen Fragen des Baurechts und des Energierechts ist. Nähere Informationen unter [www.energiekonsulent.eu](http://www.energiekonsulent.eu).

### 2.3 Kontext der Energieberatung

Im Gewann Bachtobel sollen in den nächsten Jahren zahlreiche Wohngebäude geschaffen werden, u.a.

- Neubau einer Kinderbetreuungseinrichtung auf der Gemeinbedarfsfläche
- Errichtung eines Ärztehauses auf der Gemeinbedarfsfläche
- Kommunaler Mietwohnungsbau auf der Gemeinbedarfsfläche
- Schaffung von Wohnbauland für die Kressbronner Bevölkerung
  - o 40 % der Wohnbauflächen sollen einer Bebauung mit Einzel-, Doppel-, oder Reihenhäusern (Bauplätze) zugeführt werden. Hier könnten ca. 30 Einheiten realisiert werden, die ca. 90-100 Personen dienen.
  - o 50 % der Wohnbauflächen sollen einer genossenschaftlichen Wohnbebauung zugeführt werden. Hier könnten 70-80 Wohnungen für ca. 200-220 Personen errichtet werden.
  - o 10 % der Wohnbauflächen sollen einem Bauherrenmodell zugeführt werden. Hierbei könnten 10- 12 Wohnungen für 35-40 Personen errichtet werden

Daher wurde Terra Consulting gebeten eine Grobanalyse sowohl hinsichtlich der technischen, als auch der wirtschaftlichen Sicht für die zukünftige Energieversorgung zu erstellen.

## 2.4 Beschreibung des betrachteten Objektes

Der Masterplan stellt sich wie folgt dar:

03 Überarbeiteter Entwurf

DÖMGES  
ARCHITEKTEN



Masterplan

Abbildung 1: Masterplan nach DÖMGES Architekten

Die Nutzungsverteilung ist wie folgt vorgesehen:

03 Überarbeiteter Entwurf

DÖMGES  
ARCHITEKTEN



### Nutzungsverteilung

- öffentliche Einrichtungen (KITA, Gemeindearchiv, Ärztehaus) Anordnung um Quartiersplatz
- Feuerwehr im Norden auf eigenem Grundstück
- 67 WE für Gemeindebedarf
- 92 WE für Genossenschaften
- 21 Kettenhäuser

Abbildung 2: Plan der Nutzungsverteilung



### 3 Grundlagen der Analyse

#### 3.1 Gebäudedaten

Die detaillierte Gebäudenutzung liegt noch nicht fest. Ebenso wenig die exakte Bausituation. Für die nachfolgenden Berechnungen waren daher Annahmen zu treffen hinsichtlich

- Wohnungsgröße und beheizte Grundfläche
- Warmwasserverbrauch entsprechend der Bewohneranzahl
- Verfügbare Dachflächen für die Nutzung von PV und Solarthermie

Für die nachfolgenden Berechnungen wurden folgende Gebäudedaten angenommen:

	Einfamilienhaus EFH	Mehrfamilienhaus MFH	Gesamt
Nutzereinheiten	1	20	215
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	120	1.368	19.896
Dachfläche [m <sup>2</sup> ]	50	411	6.130

Beim MFH wurde der Mittelwert der Häuser angesetzt, wie sie im Masterplan eingezeichnet waren.

#### 3.2 Energieverbrauchsdaten

Je nach Gebäudedämmstandard und dem nicht zu vernachlässigenden Heizverhalten der Bewohner variiert die für Heizzwecke notwendige Energie zum Teil drastisch.

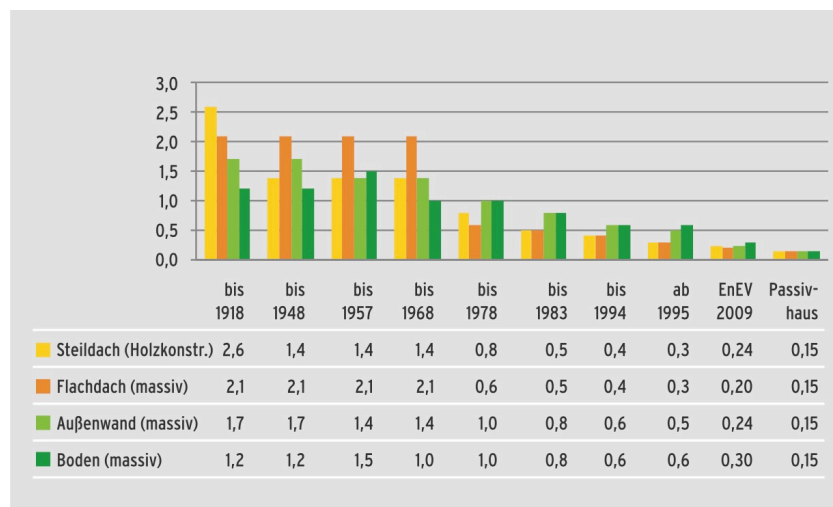


Abbildung 3: Historische Entwicklung der U-Werte ausgewählter Bauteile (BMVBS, Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand vom 30. Juli 2009; Energieeinsparverordnung 2009; Passivhaus Institut)



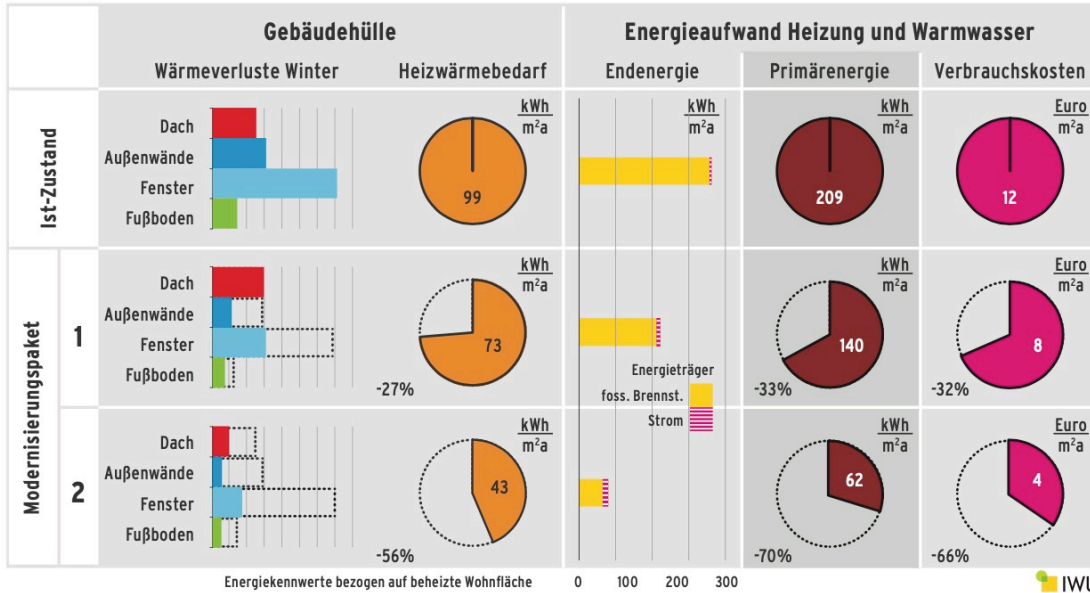


Abbildung 4: Energieaufwand Heizung und Warmwasser (Quelle IWU, UBA)

Der Energieaufwand für die Warmwasserbereitung wird oft als Nebenprodukt der Heizung angesehen. Dabei hat die Warmwasserbereitung heute bereits einen Anteil von 10 bis 15 Prozent am Energiebedarf eines Gebäudes, mit steigender Tendenz. Der Grund hierfür ist, dass der Energiebedarf für die Beheizung mit besserer Wärmedämmung stetig zurückgeht, und dadurch der relative Energiebedarf für die Warmwasserbereitung zunimmt.

Die zusätzlich immer aufwändigeren sanitären Ausstattungen der Wohnungen verstärken diesen Effekt (Stichwort Schwalldusche). Bei Passivhäusern kann der Anteil des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung sogar mehr als die Hälfte betragen.

Für die nachfolgenden Berechnungen wurden folgende Werte angenommen:

Beheizung über Fußbodenheizung (FBH) mit Niedertemperatur und dadurch hohe Energieeffizienz: Nutzwärmebedarf = 20 kWh/m<sup>2</sup>/a

Warmwasserbereitung: 25 kWh/m<sup>2</sup>/a

Der Warmwasserverbrauch ist wegen der physikalischen Notwendigkeit der Energiezufuhr zum Zwecke der Wassererwärmung nicht veränderbar (außer Zirkulationsverluste).

Daher wurde in den nachfolgenden Berechnungen der Heizwärmebedarf variiert, um die erhaltenen Ergebnisse diesbezüglich zu analysieren. Es wurden die Ergebnisse auch bei einem Heizwärmebedarf von 30, 40 und 50 kWh/m<sup>2</sup>/a betrachtet.

Bei der Nutzung der Dachfläche für solarthermische Nutzung (PV / Solarthermie) wurden





berücksichtigt, dass nicht die gesamte Dachfläche für Solarenergienutzung nutzbar ist. Es wird ein Wert von 80% der Dachfläche als maximal nutzbare Fläche angenommen.

### 3.3 Varianten und Preisabhängigkeiten

Bei den Kosten und Preisen wurde folgende Annahmen getroffen:

	Einfamilienhaus EFH	Mehrfamilienhaus MFH	Zentralanlage
Erdgas [ct/kWh(Hs)]	6,00	4,70	3,57
Strom [ct/kWh]	25,0	25,0	20,0
Pellet [€/to]	270	230	220

Im weiteren berücksichtigt:

- Gesetzliche Einspeisevergütungen für PV- und BHKW-Strom
- EEG Kosten der Stromeigenerzeugung
- KWKG-Vergütungen bei BHKW

### 3.4 Solardaten

Der Solaratlas weist für das nord-östliche Bodenseeufer eine mittlere jährliche Solareinstrahlung von ca. 1.100 kWh/m<sup>2</sup> aus. In der Kalkulation wurde konservativ mit 970 kWh/m<sup>2</sup> gerechnet bei einem Modulwirkungsgrad im Bereich 18-19%. Damit ist u.a. auch eine Degradation der PV-Module von 1,2% p.a. in der Wirtschaftlichkeitsrechnung abgebildet.

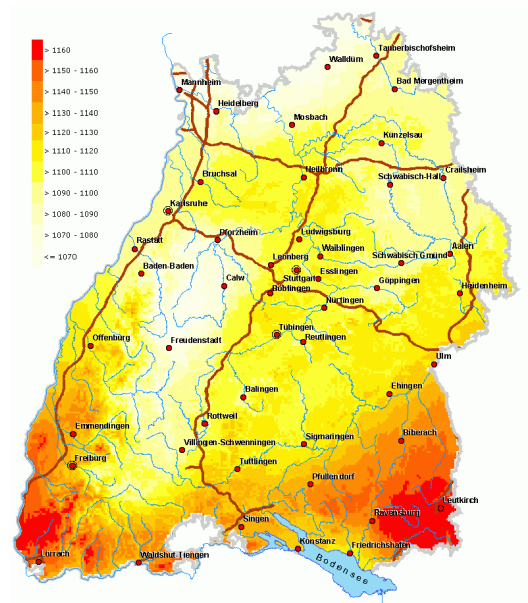


Abbildung 5:  
Mittlere jährliche Solareinstrahlung [kWh/m<sup>2</sup>]  
in Baden-Württemberg, Quelle: LUBW



### 3.5 Wirtschaftliche Sensitivitätsbetrachtungen

Rein statische Betrachtungsweisen sind zu unzuverlässig. In unserer Betrachtung wurden daher mehrere Parameter verändert, um die Stabilität/Sensitivität des Ergebnisses bei veränderten Randbedingungen zu erkennen.

- a) CO<sub>2</sub>-Abgaben  
Diese wurde gegenüber dem heutigen Brennstoffpreisliveau in einer Variante mit zusätzlichen 50 €/to betrachtet.
- b) Preisveränderungen  
Die Brennstoffpreise wurde in einer Sensitivität mit +20% betrachtet.
- c) Verändertes Verbrauchsverhalten / Dämmstandards  
Wie oben beschrieben, wurden veränderte Dämmstandards, bzw. das individuelle Verbrauchsverhalten abgebildet mit 20, 30, 40 und 50 kWh/m<sup>2</sup>/a Heizwärmebedarf.

### 3.6 Die Kosten – und Umweltsituation

Grundlage für die Emissionsberechnungen sind Vorgaben der KfW für Energiegutachten

Energieträger	Einheit	CO <sub>2</sub> -Faktor
Strom Inland	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,537
Nah-/Fernwärme	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,280*
Heizöl leicht	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,266
Heizöl schwer	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,294
Flüssiggas	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,239
Erdgas	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,202
Steinkohle	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,337
Braunkohle	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,381
Rohbenzin	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,264
Diesel	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,266
Biomasse Holz	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,029
Pellets	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,023
Biodiesel	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,096
Biogas	t CO <sub>2</sub> /MWh	0,148

Abbildung 6: Quelle KfW Merkblatt zu den CO<sub>2</sub>-Faktoren Stand 1.1.2019

Für die Vermeidung/Verdrängung von CO<sub>2</sub> mittels PV wurden 614 g/kWh angesetzt<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> 2018-10-22\_climate-change\_23-2018\_emissionsbilanz\_erneuerbarer\_energien\_2017\_fin.pdf, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2017, Seite 46 (Aktualisierte Fassung)



### 3.7 Wirtschaftlichkeitskennzahlen

Die Wirtschaftlichkeit erfolgt als Vollkosten aufgeteilt in den drei Kostengruppen in Analogie zur VDI 2067:

- a) Verbrauchsgebundene (variable) Kosten
- b) Betriebsgebundene (fixe) Kosten
- c) Kapitalgebundene Kosten

Zu a)

Brennstoffe, Strom

Zu b)

Wartung, Instandhaltung, Schornsteinfeger, Versicherung, sonstige Nebenkosten als Prozentsatz der Investition

Zu c)

Unterschieden nach den Hauptkomponenten mit unterschiedlicher Nutzungszeit von 10 (z.B. BHKW), 15 (z.B. Kessel, PV mit Wechselrichter und Batterie) und 20 Jahren (z.B. Netze, Hausübergabestationen) sowie mit 2,5% kalkulatorischem Zins gerechnet als Annuität bei Tilgung in Monatsraten

---

aufbauend auf den vorherigen Veröffentlichungen der „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ (UBA, Memmler, Lauf, Wolf, & Schneider, 2016; UBA, et al., 2014; UBA, et al., 2013; UBA, et al., 2009)



## 4 Ergebnisse

In der Einzelhausversorgung werden folgende Varianten betrachtet:

- Heizungsanlage mit Erdgas + PV
- Wärmepumpe + PV
- Wärmepumpe + Kessel (bivalente Anlage) und PV
- Wärmepumpe + Solarthermie + Eisspeicher + PV
- Holzpellet-Kesselanlage + Fremdstrombezug
- Holzpellet-Kesselanlage + PV

Es wurden für jede Variante eine Auslegung gemacht und dabei berücksichtigt, dass

- a) Die Dachfläche hinsichtlich Solarthermie und PV begrenzt ist
- b) keine unnötig hohe wirtschaftlich nachteilige Rückspeisung von PV-Strom erfolgt
- c) Strom, welcher aus PV erzeugt wird, in Spitzenerzeugungszeiten soweit möglich in der Wärmeversorgung genutzt wird

In den zentralen Versorgungsvarianten werden folgende Varianten betrachtet:

- Holzpellet-Kesselanlage mit Wärmenetz + hausindividuelle PV-Anlage
- Holzpellet-Kesselanlage mit Wärmenetz + PV mit gemeinsamen Stromnetz (gemeinsames Stromnetz dazu da, um PV-Strom über die Gebäude/Nutzer hinweg auszugleichen und die wirtschaftlich unattraktive Stromrückspeisung zu minimieren)
- BHKW (und Spitzenkesselanlage) mit Wärmenetz und gemeinsamen Stromnetz
- Kaltes Netz und dezentralen Wärmepumpenanlagen in den Häusern + hausindividuelle PV-Anlage
- Kaltes Netz und dezentralen Wärmepumpenanlagen in den Häusern + PV mit gemeinsamen Stromnetz (mit/ohne Förderung)

Die Tabellen zeigen die Gesamtkosten für Wärme + Strom, wobei in einer Grundvariante der CO<sub>2</sub>-Kosten auf heutigem Stand gezeigt werden. Da jedoch in der Betrachtung davon ausgegangen wird, dass die CO<sub>2</sub>-Abgaben stetig steigen, werden diese mit 50 €/to CO<sub>2</sub> gegenüber dem heutigen Stand bewertet.

Für alle Varianten wird die CO<sub>2</sub>-Emission berechnet und eine Vergleichszahl angegeben, welche auf konventioneller Erdgasversorgung und komplettem Fremdstrombezug basiert.

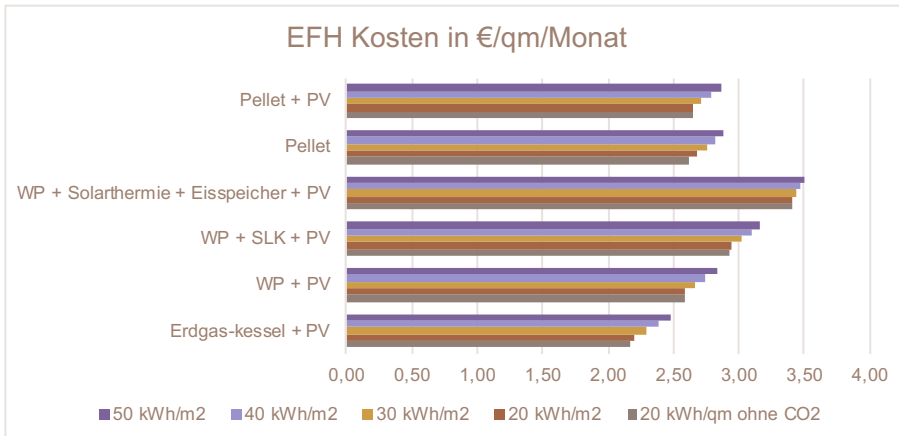
### Hinweis:

Die Grafiken in diesem Kapitel sind im Anhang nochmals vergrößert dargestellt abgebildet.



### 4.1 Dezentrale Versorgung Einfamilienhaus (EFH)

Berechnung der Vollkosten:

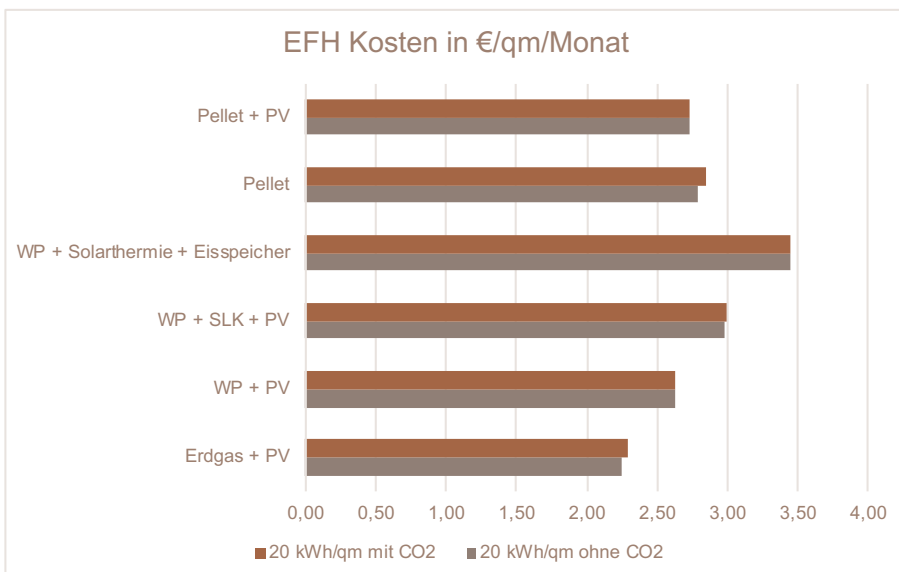


Hierbei sind schon 50 €/to CO<sub>2</sub> in den Energiekosten berücksichtigt.

#### Ergebnisse

1. Erdgaskessel und PV ist am günstigsten gefolgt von Wärmepumpe + PV
2. Durch die Veränderung der Verbrauchskennwerte verändert sich die Reihenfolge nicht

Nunmehr eine Analyse unter der Kosten unter Berücksichtigung von 20% höherer Energiekosten:

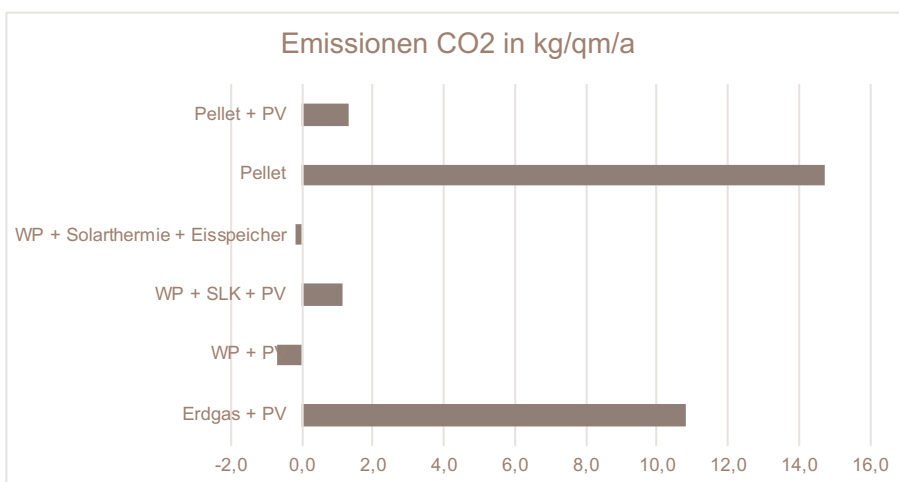




## Ergebnisse

1. Erdgaskessel und PV ist weiterhin am günstigsten gefolgt von Wärmepumpe + PV
2. Die Reihenfolge ändert sich dadurch nicht.

## Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen



Zum Vergleich: Erdgaskessel + Fremdstrom = 24,9 kg/qm/a

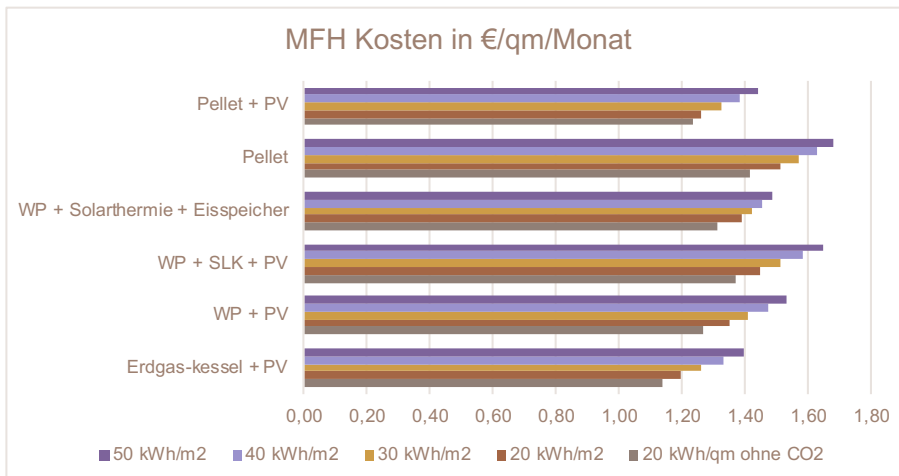
## Ergebnisse

1. Wärmepumpe + PV sind in der Gesamtbilanz negativ, d.h. das insgesamt mehr CO<sub>2</sub> vermieden wird, als in der Liegenschaft erzeugt wird. Das ist allerdings auf den vergleichsweise hohe CO<sub>2</sub>-Emission des bundesdeutschen Strom-Mixes zurückzuführen, der immer noch maßgeblich durch die vergleichsweise hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Braun- und Steinkohlekraftwerken beeinflusst wird. Dadurch ist die „Gutschrift“ aus rückgespeistem PV-Strom sehr hoch und beeinflusst das Ergebnis maßgeblich.
2. Im Vergleich mit „Standard-Erdgaskessel“ und komplettem Fremdstrombezug liegen alle Varianten deutlich besser.



## 4.2 Dezentrale Versorgung Mehrfamilienhaus (MFH)

Berechnung der Vollkosten:

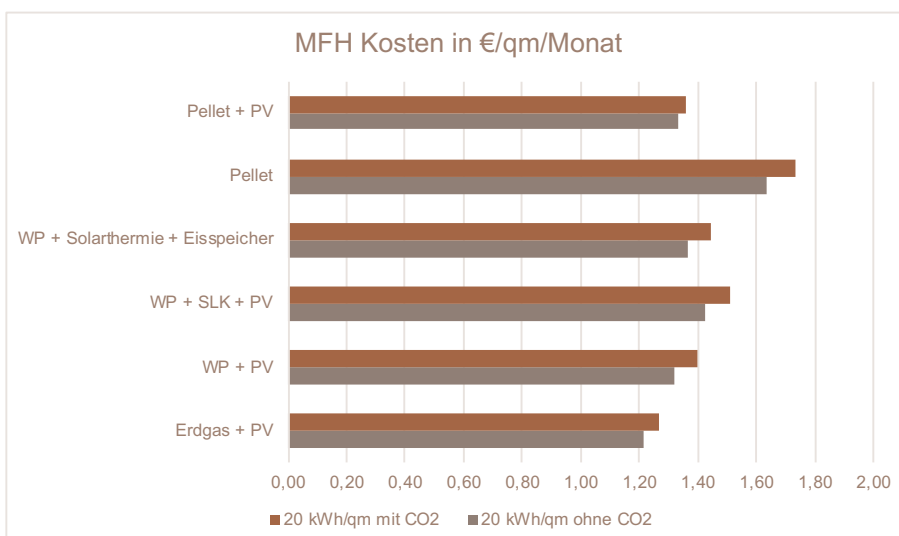


Hierbei sind schon 50 €/to CO<sub>2</sub> in den Energiekosten berücksichtigt.

### Ergebnisse

1. Erdgaskessel und PV ist auch hier am günstigsten gefolgt von Pellet + PV
2. Durch die Veränderung der Verbrauchskennwerte verändert sich die Reihenfolge auch hier nicht wesentlich.

Nunmehr eine Analyse unter der Kosten unter Berücksichtigung von 20% höherer Energiekosten:





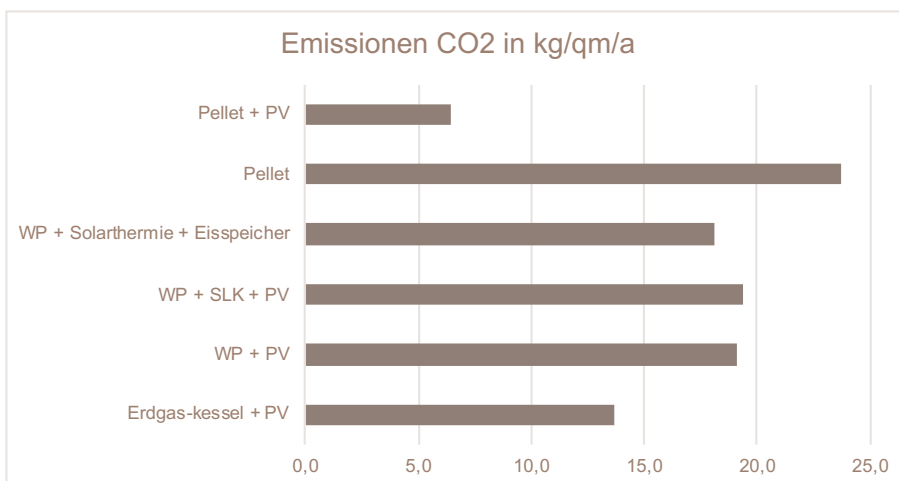


## Ergebnisse

1. Erdgaskessel und zentraler PV ist weiterhin am günstigsten gefolgt von Holzpellet-Kessel in Kombination mit PV
2. Die Reihenfolge ändert sich dadurch nicht.

Beim MFH kommt der Pellet-Variante zu Gute, dass die spezifischen Kosten für das Lager nunmehr auf mehrere Wohneinheiten verteilt werden. Somit schlagen dann die günstigen Betriebskosten stärker zu Buche und verbessern diese Variante. Der wirtschaftliche Erfolg der Erdgasvariante mit PV kombiniert basiert auf der Kombination zweier Standardtechnologien, welche zudem betriebstechnisch einfach und vergleichsweise risikoarm zu handhaben sind.

## Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen



Zum Vergleich: Erdgaskessel + Fremdstrom = 33,9 kg/qm/a. Das ist mehr, als bei EFH, da die qm-Nutzung im MFH spezifisch höher ist.

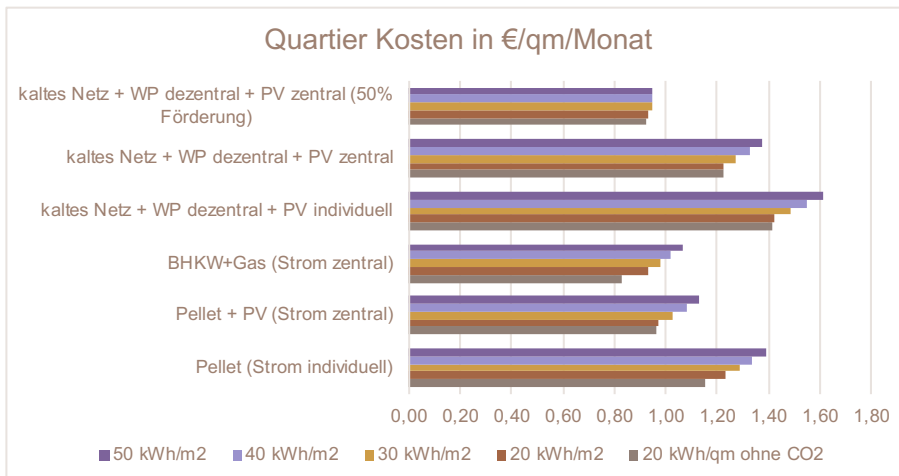
## Ergebnisse

1. Alle Wärmepumpe-Varianten sind in der Gesamtbilanz nicht mehr so günstig, da wegen der limitierten Dachfläche nicht mehr genügend PV-Strom zur Verfügung steht!
2. Jetzt kommt die Pellet-Lösung mit PV mit hohem regenerativem Anteil auf beiden Komponenten mit ihren Vorteilen zum Tragen. Zudem lässt sich hier die PV sehr effizient mit der Heizungsnutzung kombinieren.



### 4.3 Zentrale Varianten (gesamtes Quartier)

Berechnung der Vollkosten:



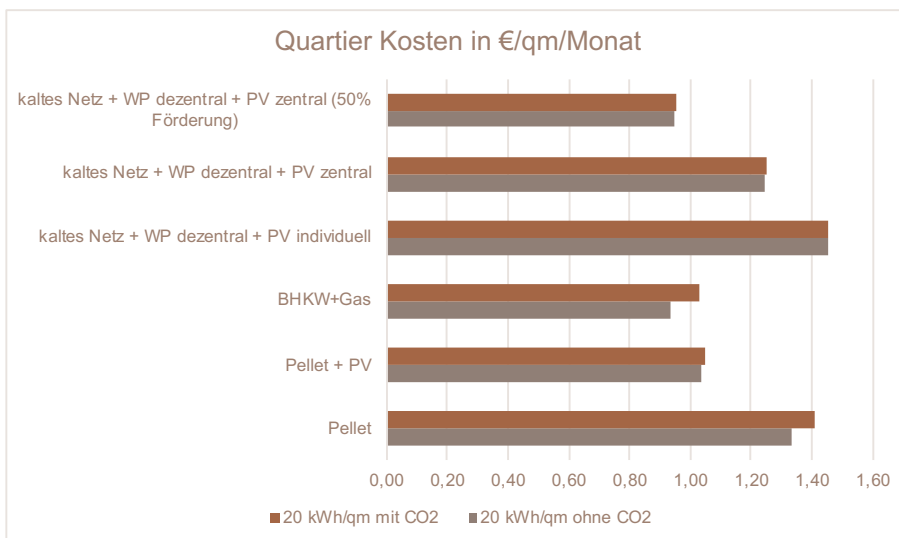
Hierbei sind schon 50 €/to CO<sub>2</sub> in den Energiekosten berücksichtigt.

### Ergebnisse

1. BHKW ist am günstigsten gefolgt von
  - a. „kaltem Netz, dezentralen Wärmepumpen und gemeinsamen PV“ mit 50% Förderung, ohne Förderung wirtschaftlich die schlechteste Lösung
  - b. gefolgt von Pellet + gemeinsamer PV für das Quartier
2. Durch die Veränderung der Verbrauchskennwerte verändert sich die Reihenfolge nur in der o.e. Spitzengruppe (BHKW wird schlechter, kaltes Netz besser)
3. Bei der Variante „kaltes Netz“ ist zu bedenken, dass die Förderung zwar bei der Anfangsinvestition nützt, jedoch auch dieses Geld im Laufe der Betriebszeit wieder erwirtschaftet werden muss, um nach der Nutzungszeit der jeweiligen Komponente wieder neu investieren zu können ohne die Preise beim Endkunden dann zu erhöhen! Eine nüchterne Betrachtung des Gesamt-Systems ohne Förderung ist daher unerlässlich.



Nunmehr eine Analyse unter der Kosten unter Berücksichtigung von 20% höherer Energiekosten:



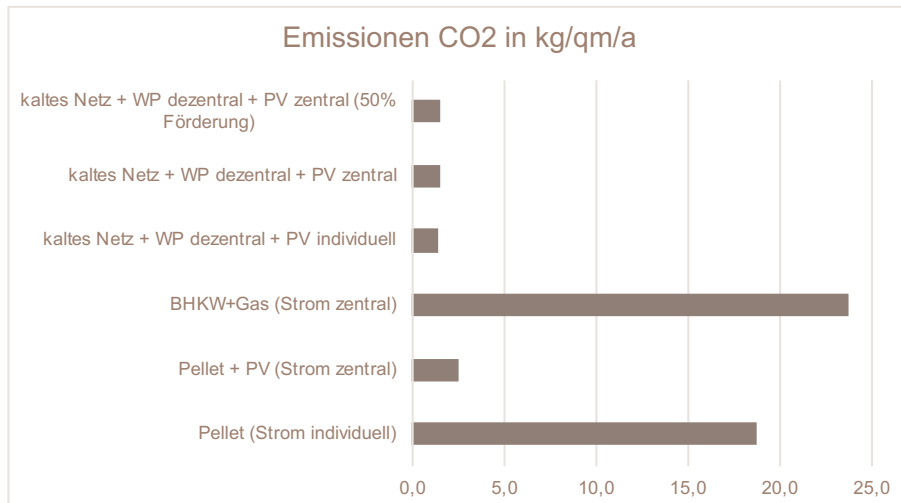
## Ergebnisse

1. BHKW und die Kombination Holzpellet-Kesselanlage mit PV ist weiterhin am günstigsten
  - a. gefolgt von kaltem Netz mit Förderung
  - b. gefolgt von Holzpellet-Kesselanlage + PV
2. Durch die Veränderung der Verbrauchskennwerte verändert sich die Reihenfolge nur in der o.e. Spitzengruppe (BHKW wird schlechter, kaltes Netz besser), Pellet und gemeinsame PV bleibt stabil

Beim Quartierskonzept kommt der Pellet-Variante zu Gute, dass die spezifischen Kosten für das Lager nunmehr auf noch mehr Einheiten verteilt werden. Somit schlagen dann die günstigen Betriebskosten stärker zu Buche und verbessern diese Variante. Der wirtschaftliche Erfolg von Pellet mit PV kombiniert basiert auf der Kombination zweier Standardtechnologien, welche zudem betriebstechnisch einfach und vergleichsweise risikoarm zu handhaben sind.



## Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen



Zum Vergleich: Erdgaskessel + Fremdstrom = 28,9 kg/qm/a. Das ist mehr als bei EFH, jedoch weniger als EFH, also im Mix dazwischen, da die spezifische energetische qm-Nutzung zwischen EFH und MFH liegt.

## Ergebnisse

1. BHKW nicht so günstig, da Erdgas zur Stromerzeugung genutzt wird.
2. Jetzt kommt die Pellet-Lösung mit PV mit hohem regenerativem Anteil auf beiden Komponenten mit ihren Vorteilen zum Tragen. Zudem lässt sich hier die PV sehr effizient mit der Heizungsnutzung kombinieren.
3. Spezialtechnologien wie kalte Netze sind hier nochmals günstiger als Pellet + gemeinsame PV.

Option für den Fall des Betriebs eines gemeinsamen Stromnetzes:  
 Bidirektionales Laden/Entladen bei Nutzung E-Autos grundsätzlich möglich und ggf. zu prüfen. (v.a. bei den zentralen PV-Varianten und BHKW ist das zu prüfen)



## 5 Umsetzungskonzept

Unabhängig von der auszuwählenden Variante (zentral, dezentral bzw. gemischt -zentrale Wärmeerzeugung, PV-Stromerzeugung in den Immobilien-) stellt sich grundsätzlich die Frage, wie dann die von der Gemeinde ausgewählte Versorgungsvariante sowohl in Bezug auf:

- einen Errichter und Betreiber der technischen Anlagen, als auch in Bezug auf die
- Strom-/Wärmeabnehmer im Baugebiet

vertraglich umgesetzt werden kann bzw. sollte.

Sofern sich technische Anlagen nicht auf den Erwerbgrundstücken befinden werden, ist seitens der Gemeinde die Entscheidung zu treffen, ob die Errichtung, Unterhaltung und der Betrieb solcher Anlagen

- „Inhouse“ über einen Eigenbetrieb der Gemeinde oder eine kommunale Gesellschaft stattfinden
- oder über einen externen Energiedienstleister/-versorger
- oder über die Erwerber selbst (eher unwahrscheinlich)

errichtet und betrieben werden sollen.

Für technische Anlagen auf den Erwerbgrundstücken kann wiederum der Erwerber zur Errichtung, Instandhaltung und Betrieb der (z.B. PV-) Anlagen verpflichtet werden; es kann aber auch ebenfalls ein Dritter bzw. ein kommunales Unternehmen mit der Erbringung bzw. Durchführung der Leistungen durch den Immobilieneigentümer beauftragt bzw. dieser von der Gemeinde zu einer solchen Beauftragung verpflichtet werden.

Rechtlich sollte bzw. kann das ausgewählte Versorgungskonzept über folgende Festsetzungen bzw. vertragliche Vereinbarungen umgesetzt werden:

- (1) Festlegungen im Bebauungsplan
- (2) Festlegungen durch die Gemeinde in einem sog. „Gestaltungshandbuch“. Ein solches Gestaltungshandbuch enthält relevante Vorgaben, die den Bebauungsplan ergänzen und wird Bestandteil der abzuschließenden Grundstückskaufverträge
- (3) „Direkte“ Festlegungen in den jeweiligen Kaufverträgen
- (4) Verpflichtungen der Erwerber in den jeweiligen Grundstückskaufverträgen zum Abschluss weiterer Verträge mit z.B. dem ausgewählten Quartiersversorger (z.B. Wärmelieferungsvertrag, PV-Dach- bzw. Fassadenflächen-Gestattungsvertrag)
- (5) Sofern ein Dritter z.B. Versorgungsleitungen für Wärme bzw. eine Fläche der



Gemeinde bzw. wie hier angedacht, die Tiefgarage des Kindergartens zur Errichtung und zum Betrieb von Energieerzeugungsanlagen nutzen soll, kann dies über einen entsprechenden Gestattungsvertrag zur Nutzung von Wegen und Flächen der Gemeinde geregelt werden.

Das vorstehend angesprochene Gestaltungshandbuch soll so weit als möglich im Sinne der gemeinsamen Qualitätssicherung die Gemeinde bei der Entwicklung Ihres Konzeptes unterstützen. Es beschreibt die Vorgaben durch

- (a) verbindliche Regelungen privatrechtlicher Art (Gestaltungshandbuch als Anlage zum Kaufvertrag),
- (b) Hinweise (Empfehlungen der Gemeinde und des Erschließungsträgers),
- (c) Planungs- und bauordnungsrechtliche Regelungen (Bebauungsplan, Landesbauordnung), die zusammen mit den „(a)“ den „Roten Faden“ im Planungsprozess für Bauherren und Architekten darstellen.

Das Gestaltungshandbuch trifft Regelungen u.a. über:

- Technische Installationen wie z.B. PV-Anlage, SAT-Schüsseln etc.
- Fensterart (z.B. Sprossenfenster verboten, Kunststofffenster ja/nein etc.)
- Garagen, Carports, Stellplätze
- Gartenhäuser
- Müllstandplätze
- Vorgärten (Einfriedungsfestlegungen, Baum-/Heckenhöhen, Zaun ja/nein etc.)
- Art der Energieversorgung (Strom, Wärme, Klimatisierung)
- Elektroladesäuleninfrastruktur
- ...

Nach einer Richtungsentscheidung der Gemeinde im Hinblick auf die umzusetzende(n) Variante(n) kann dieses rechtliche Grobkonzept weiter verfeinert werden.

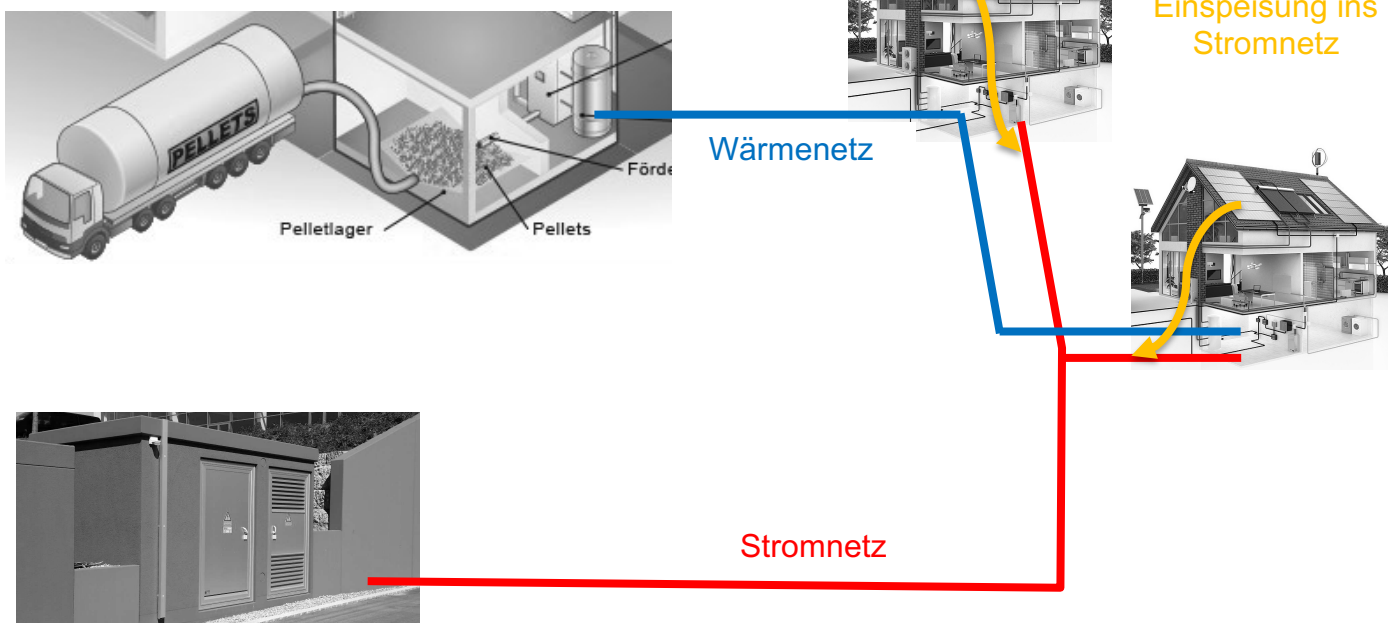


## 6 Anhang

Funktionsweise von der betrachteten Varianten

### 6.1 Holzpellet-Kesselanlage in Kombination mit gemeinsamer PV

Standort z.B. im Kindergarten

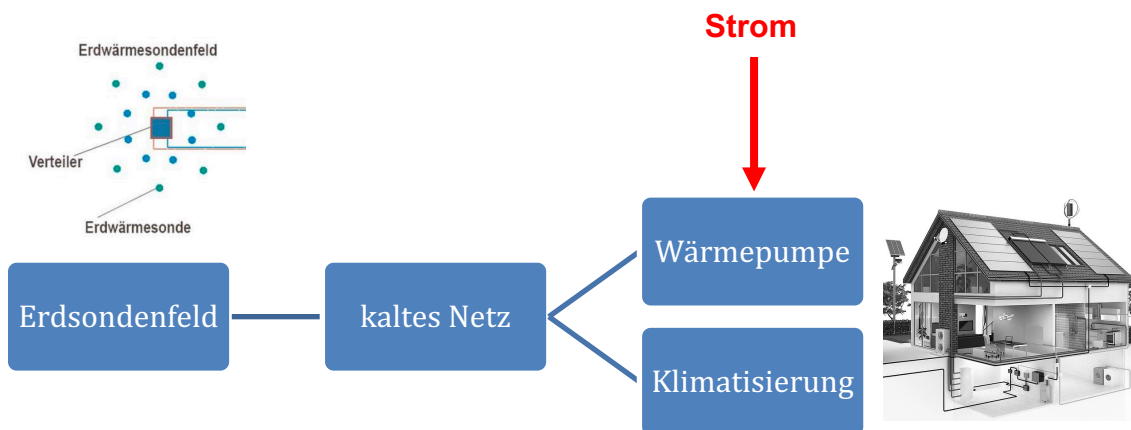






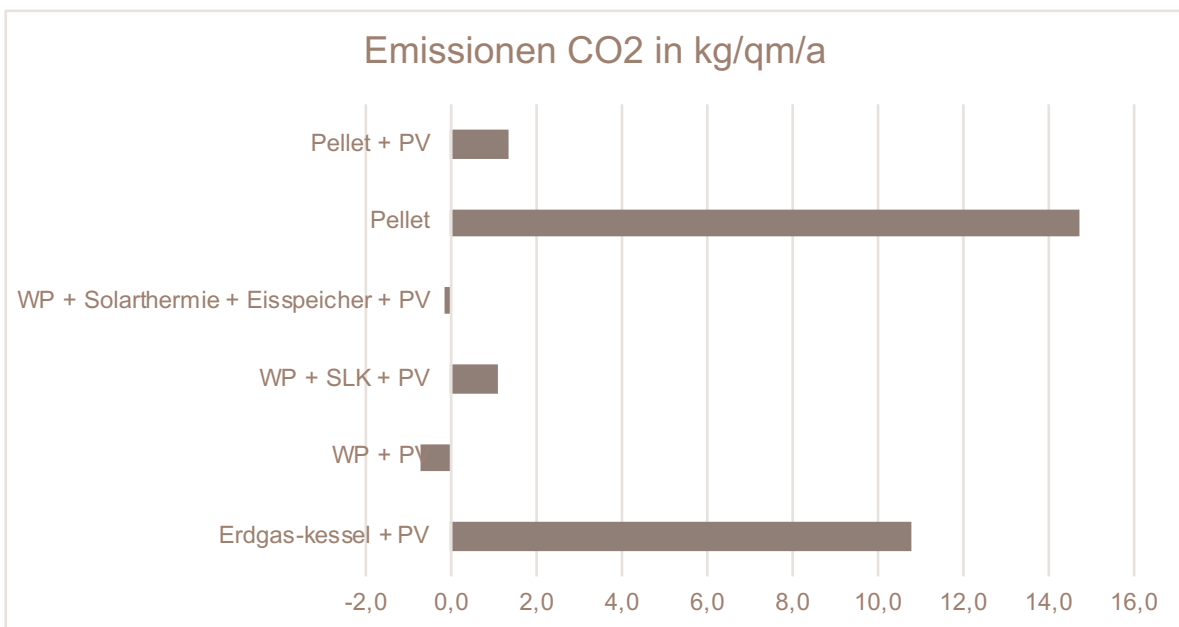
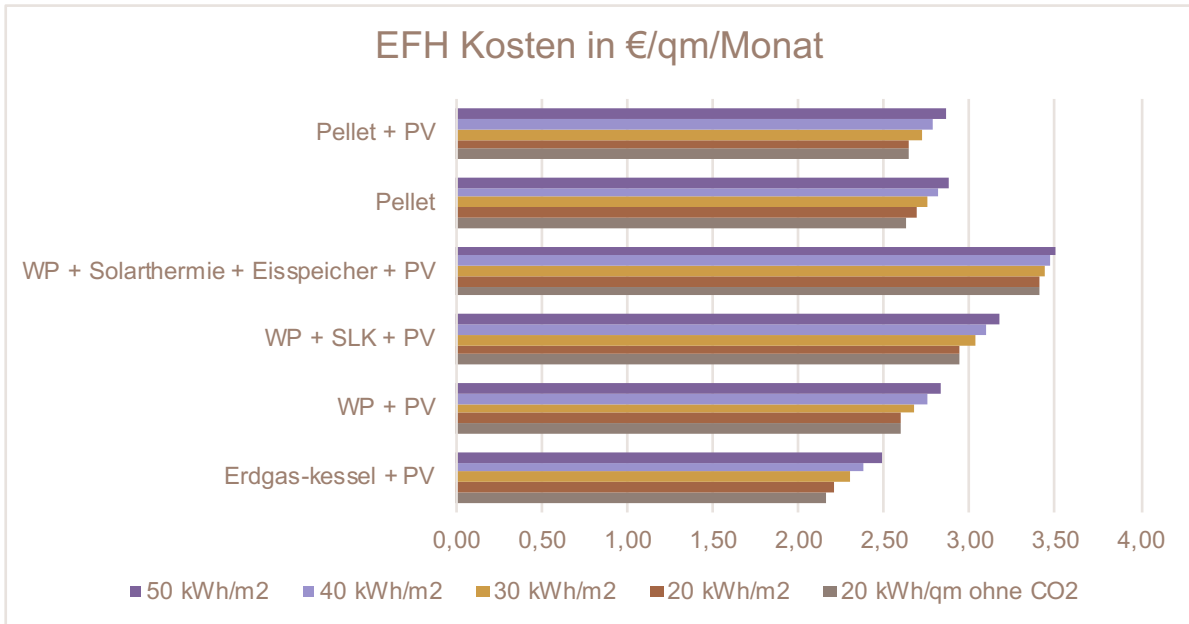
## 6.2 Kaltes Netz + Wärmepumpe + gemeinsame PV

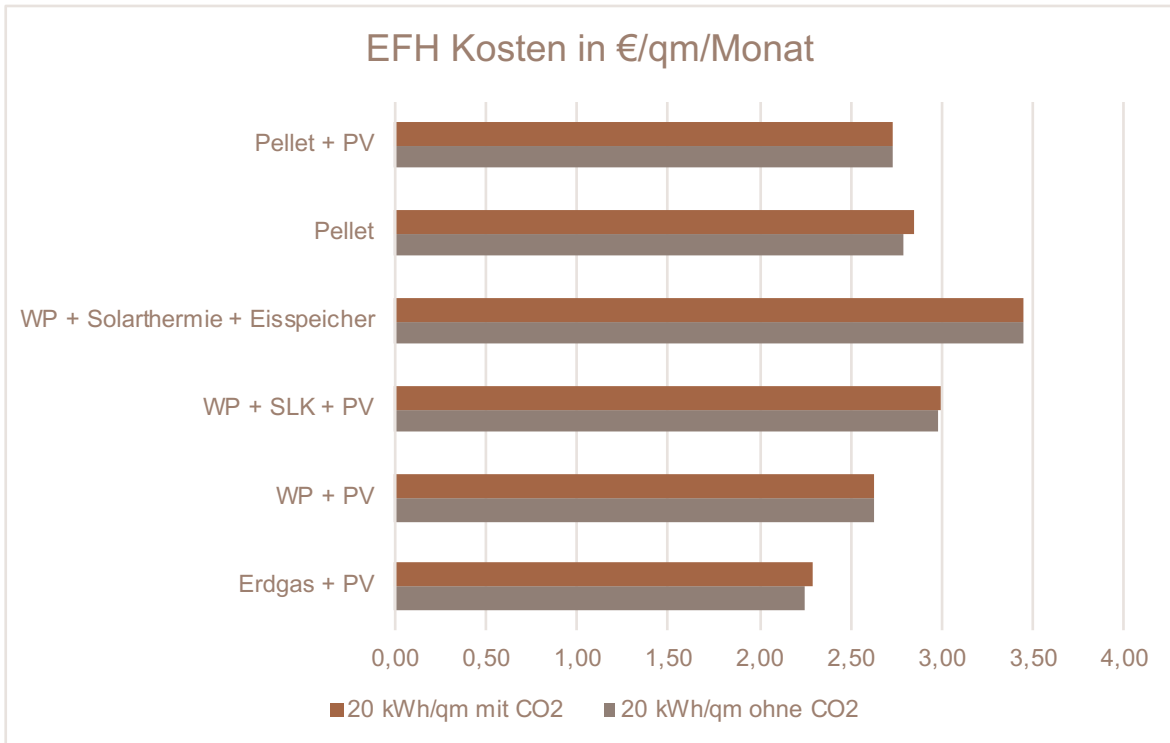
Ein Kaltes Nahwärmenetz verfügt über ein zentrales Erdsondenfeld. In den Sonden nimmt ein Wärmeträgermedium, ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, die Wärme des Erdreichs mit seinen ganzjährig konstanten Temperaturen von zehn bis zwölf Grad Celsius auf. Durch eine Ringleitung gelangt das erwärmte Trägermedium zu den Abnehmern, den Gebäuden. Dort heben Wärmepumpen die bereitgestellte Energie auf das individuell gewünschte Temperaturniveau. Neben der Heizung im Winter bietet das Netz auch die Möglichkeit, die Häuser im Sommer ökologisch und wirtschaftlich zu Kühlen ("Freecooling"). Die in den sommerlich-heißen Innenräumen aufgenommene Wärme führen die Leitungen zurück ins Erdreich und ermöglichen damit gleichzeitig eine Regeneration des Erdsondenfeldes.



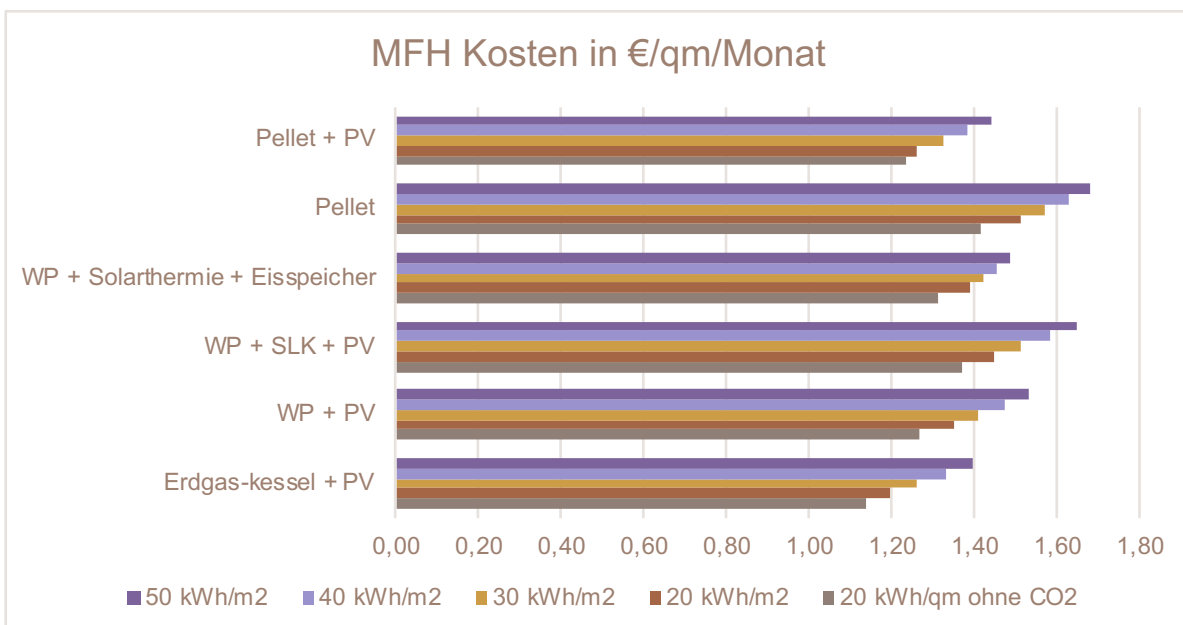


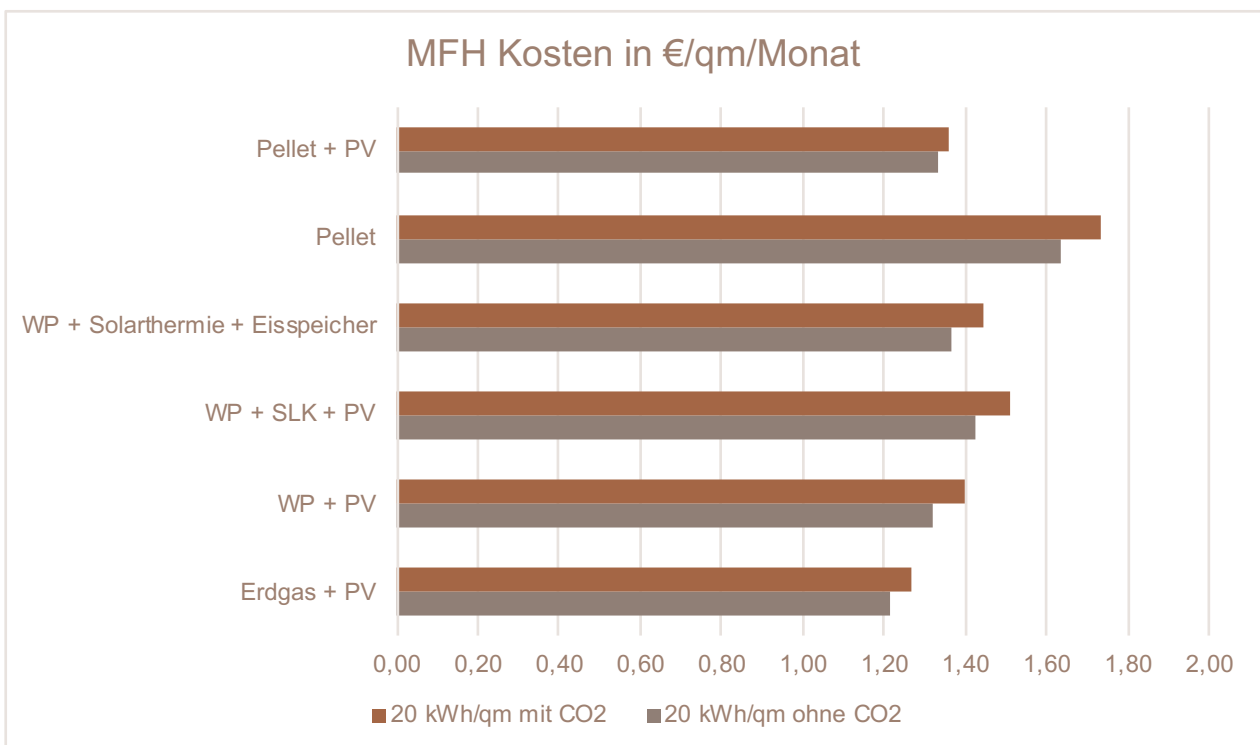
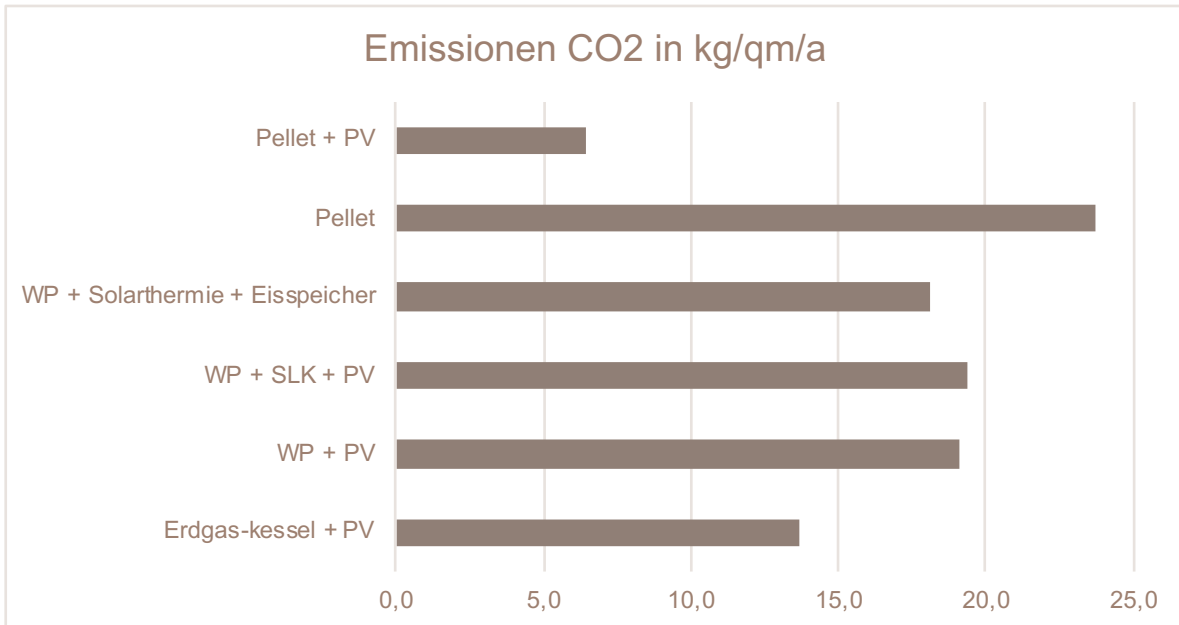
### 6.3 Ergebnisgrafiken für EFH





## 6.4 Ergebnisgrafiken für MFH







### 6.5 Ergebnisgrafiken für Quartierskonzept

