



## 1 Hintergrund

Mit dem Hintergrund des Beitritts der Stadt Offenbach zum Klimabündnis europäischer Städte soll das Neubaugebiet „Waldheim-Süd; nördlicher Teil“ einen hohen energetischen Standard widerspiegeln. Eine optimierte Gebäudehülle sowie effiziente, regenerative Energiesysteme bilden die Basis der angestrebten CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparung bis 2030.

## 2 Grundlagen

Das Energiekonzept basiert neben dem städtebaulichen Rahmenplan auf vom Amt für Umwelt, Energie und Klimaschutz der Stadt Offenbach vordefinierten energetischen Gebäudestandards. Diese setzen sich zusammen aus dem gesetzlichen Mindestanspruch (EnEV 2016, Stand: Mitte 2015) sowie einer thermischen Verbesserung der Gebäudehülle um 30 bzw. 45 %. Die energetische Erschließung des Gebietes soll über ein zentrales Wärmenetz erfolgen, da gasseitige Einzelhausanschlüsse im Gebietskonzept nicht vorgesehen sind. Darüber hinaus wird die Zusammenarbeit mit dem ortsansässigen Versorger „Energieversorgung Offenbach“ angestrebt. Im unmittelbaren Stadtgebiet befindet sich ein Pelletwerk, welches als Energiequelle für eine der Versorgungsvarianten dienen kann. Um Anlieferverkehr und Emissionen im Wohngebiet zu vermeiden und um eine gute Erreichbarkeit zu gewährleisten, ist die Heizzentrale am westlichen Gebietsrand festgesetzt.

## 3 Untersuchte Varianten

Der hohe energetische Anspruch an das Neubaugebiet spiegelt sich in den betrachteten Varianten wieder. Als Wärmelieferanten des Netzes wurden ein BHKW mit Spitzenlast-Gaskessel und eine Pelletkesselanlage mit Öl-Spitzenlasterzeuger betrachtet. Bedingt durch die Lage der Heizzentrale ist eine Gaszuführung aus einer vorhandenen Gasmitteldrucktrasse im Zentrum des Wohngebiets aufwendig. Daher erfolgt die Spitzenlastdeckung in der Pellet-Variante über einen vorerst paradox erscheinenden Ölkessel. Die energetischen Standards wurden ökologisch verbessert. Resultierend daraus werden KfW-Effizienzhaus Kriterien und somit finanzielle Boni erreicht. Je nach Realisierbarkeit der Kriterien erfolgte die Variantenzusammenstellung aus Wärmeezeugung und Dämmstandard. Nur eine reine Pelletversorgung wurde für den KfW-Effizienzhaus 40 Standard analysiert. Ein BHKW gespeistes System würde diese Kriterien nicht erfüllen. Als Vergleichsbasis fungierte die klassische EnEV-Referenzvariante einer solarthermisch unterstützten Einzelhausversorgung mit Betrieb eines Gaskessels.

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen des örtlichen Energieversorgers (EVO) in Bezug auf die Netzauslastung, sowie der Einschätzung der EVO und des Erschließungsträgers bezüglich der Gebäudeenergiestandards entwickelte sich ein Szenario mit anteiliger Aufteilung der energetischen Standards auf das zu erschließende Gebiet. Hierbei kam der KfW-Effizienzhaus 55 Standard als Mindestanforderung bei 75 % der Gebäude zur Anwendung. 15 % der Gebäude werden in KfW 40 Standard errichtet. Weiterhin wird davon

ausgegangen, dass 10 % der Gebäude in Passivhaus-Standard errichtet werden und damit von der Anschlusspflicht befreit sind.

## 4 Vorgehen

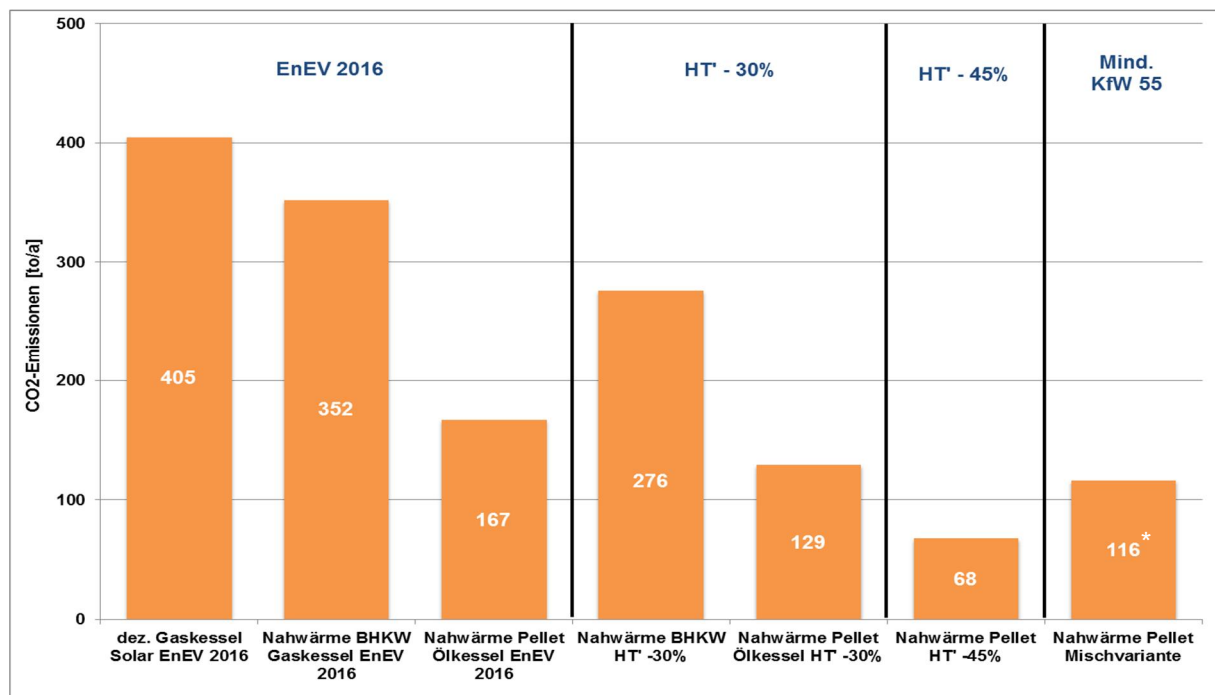
Zunächst wurde für exemplarische Gebäudetypen in den unterschiedlichen Dämmstandards der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser ermittelt. Dazu passend wurde ein Nahwärmenetz dimensioniert und die Netzverluste berechnet.

Der verbrauchte Brennstoff, sowie die nötige Hilfsenergie für den Betrieb der Wärmeversorgung ergaben gewichtet mit den CO<sub>2</sub>-Equivalenten der Stadt Offenbach die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen und eine primärenergetische Einordnung. Die wärme- und stromseitige Aufteilung der BHKW-Varianten erfolgte mit Hilfe einer exergetischen Bewertung.

Die Hauptkomponenten der verschiedenen Wärmeerzeugeranlagen und das Nahwärmenetz wurden dimensioniert. Die Jahresgesamtkosten konnten mit Hilfe von abgeschätzten Investitionskosten und Kosten des laufenden Betriebs dargestellt werden.

## 5 Ergebnisse

Die Analyse des Wärmebedarfs zeigt ein klares Maximum der Varianten nach EnEV(gesetzlicher Mindeststandard). Basierend auf sehr gutem baulichem Wärmeschutz schneiden die Varianten in KfW-Effizienzhaus 40 Ausführung am sparsamsten ab.



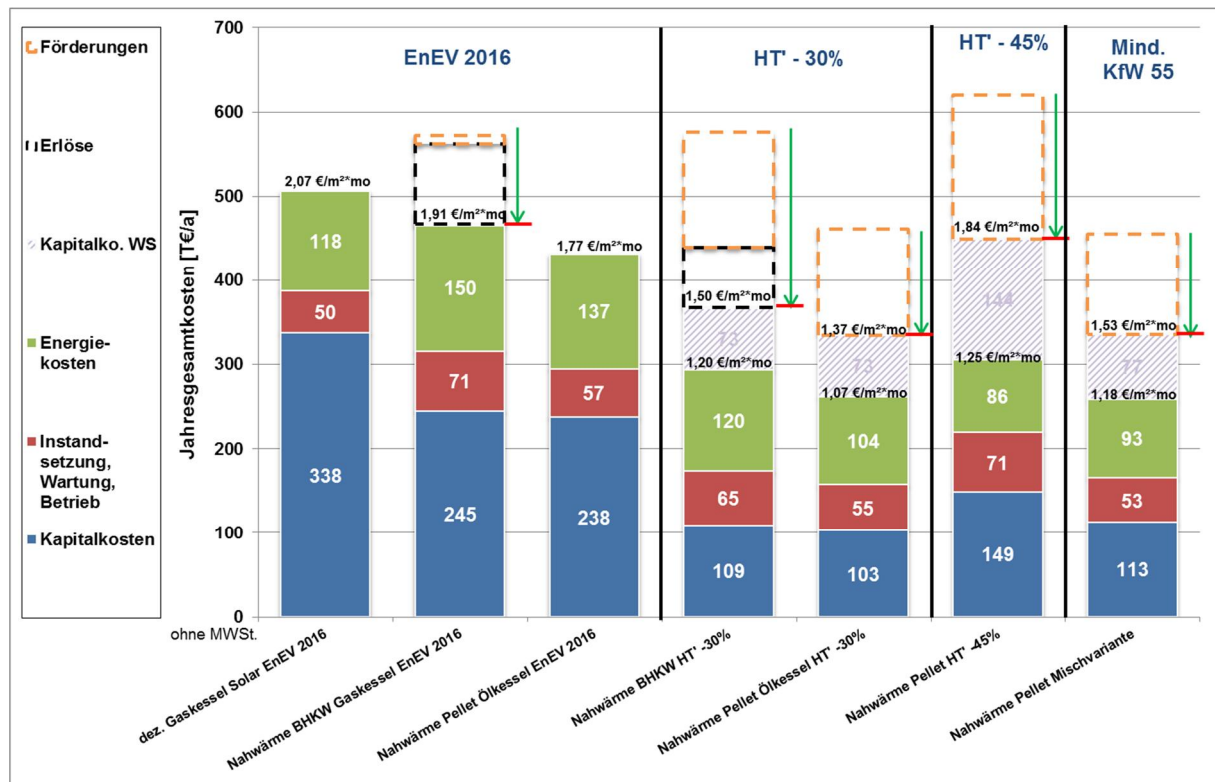
**Abbildung 1** CO<sub>2</sub>-Emission des Quartiers für unterschiedliche Dämm- und Versorgungsvarianten

\*ohne CO<sub>2</sub>-Emission der 10 % dezentralen Passivhaus-Gebäude

Eine ähnliche Art der Abstufung weisen die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Primärenergiefaktoren der energetischen Standards auf. Ökologisch ist die EnEV-Referenzvariante der Gaskesselversorgung mit Solarthermie am schlechtesten. Die BHKW-Varianten bilden in Bezug auf emittiertes CO<sub>2</sub> das Mittelfeld. Durch die Verwendung eines regenerativen Brennstoffs bei den Pelletversorgungsvarianten, weisen diese sehr niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionswerte und optimale Primärenergiebedarfe auf. Um auch andere Emissionen zu minimieren wurde ein hochwertiges Filtersystem eingeplant.

Die analysierte Mischvariante aus verschiedenen energetischen Dämmstandards liegt ökologisch sehr nah an der KfW-Effizienzhaus 55 Variante. Gründe hierfür liegen an einem sehr hohen Anteil des Effizienzhaus 55 im Gesamtszenario.

Die Investitionskosten der Varianten steigen mit energetischer Verbesserung der Gebäudehülle signifikant an. Bonus bilden hierbei allerdings Tilgungszuschüsse und Kreditzinsvorteile der KfW-Bank bei Erreichen der KfW-Effizienzhausstandards. Anlagentechnisch liegen die Investitionskosten für eine BHKW-Anlage ca. 20 % über denen einer Pelletanlage. Die Investitionskosten der Mischvariante liegen mit den Kosten des KfW-Effizienzhaus 55 Ansatzes gleich auf. Da ca. 10 % weniger Gebäude vom Netz versorgt werden (Passivhausanteil), sind die spezifischen Kosten je Wohneinheit höher.



**Abbildung 2** Jahresgesamtkosten ohne MwSt. inkl. Gutschrift durch KfW-Förderung, Einspeisevergütung

Im direkten Vergleich weist die konventionelle Gaskessel Variante die höchsten Jahresgesamtkosten auf. Die Pellet- und BHKW-Varianten in KfW 55 – Standard sind günstiger als in EnEV Mindestausführung. Bedingt durch hohe Kosten des baulichen Wärmeschutzes ist die Pelletversorgung mit KfW 40 Gebäuden teurer als die KfW 55

Variante. Die jährlichen Vollkosten einer BHKW-Anlage liegen über den Kosten einer Pellet-Anlage, da mehr Gas für den miterzeugten Strom nötig wird. Der Strom wird nach aktueller Marktlage zu niedrigen Vergütungen in das Netz eingespeist.

## 6 Fazit

Eine zentrale Wärmeversorgung des Gebietes ist zur großflächigen Einbindung erneuerbarer Energien bzw. Kraft-Wärme-Kopplung sinnvoll. Auf eine möglichst kurze Trassenführung und den Einsatz besser gedämmter Nahwärmeleitungen zur Reduzierung der Netzverluste ist zu achten. Die ermittelten Jahresgesamtkosten der einzelnen Varianten zeigen auf, dass erhöhter Wärmeschutz wirtschaftlich sein kann. Mit Hilfe von Zinsvorteilen und Tilgungszuschüssen der KfW-Bank ist der optimierte Wärmeschutz im KfW-Effizienzhaus 55 am wirtschaftlichsten. Auf finanzieller Basis überzeugt die Pellet-Variante durch einen lokalen Energieträger mit zugleich geringsten Jahresgesamtkosten.

Die örtliche Nähe des Pelletwerks unterstützt das angestrebte ökologische Ziel der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch kurze Lieferwege. Unter Verwendung des regenerativen Brennstoffs Holz erreicht die Pelletversorgungsvariante mit Spitzenlast-Ölkessel eine sehr gute primärenergetische Einstufung. Gegenüber der EnEV-Referenzvariante mit ca. 410 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr werden mit Hilfe der zentralen Pelletwärmeversorgung in der untersuchten Mischvariante aus Gebäuden mit energetisch hohem Niveau ca. 300 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart. Das entspricht einer CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber der EnEV-Referenzvariante von ca. 70 % (ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen der 10 % dezentralen Passivhäuser).

Als Ergebnis der Studie wird der KfW 55 Effizienzhausstandard für die Gebäude empfohlen. Basis bilden dabei zum einen die Wirtschaftlichkeit des erhöhten Wärmeschutzes bei KfW 55 und zum anderen die dargelegten CO<sub>2</sub>-Einsparungen des Quartiers.

Eine Abwasserwärmenutzung des neben der Heizzentrale befindlichen Kanals wird anhand erster Erkenntnisse der Ablaufverhältnisse als technisch schwierig umsetzbar eingeschätzt.