



ENERGIEKONZEPT

für die Neubausiedlung

SCHOLLENGEWANN IN HEIDELBERG-WIEBLINGEN



im Auftrag der
Stadt Heidelberg / Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie

Stand: 23.10.2007

Projektleitung: Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Josef Broll



INHALTSVERZEICHNIS

1. GRUNDLAGEN UND AUFGABENSTELLUNG	3
2. VARIANTENBESCHREIBUNG UND KOSTEN	4
2.1. Dezentrale Versorgung mit Gas	4
2.2. Zentrale Versorgung mit Holzpellets	4
2.3. Anschluss an die Fernwärmeversorgung	6
2.4. Versorgung der Mehrfamilien-Passivhäuser mit Kompaktgeräten	6
2.5. Versorgung der Mehrfamilien-Passivhäuser mit Erdsonden-Wärmepumpe	7
3. GEGENÜBERSTELLUNG UND BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	8
3.1. Vergleich Gesamtgebiet	8
3.2. Vergleich aus Sicht des Bauherrn / Nutzers (Gesamtgebiet)	9
3.3. Versorgung der Mehrfamilienhäuser in Passivhausbauweise (aus Sicht des Bauherrn / Nutzers)	10
3.4. Primärenergetische Bewertung	12
4. EMPFEHLUNG	14



1. GRUNDLAGEN UND AUFGABENSTELLUNG

Für das Neubaugebiet Schollengewann wurde durch unser Büro im Jahr 2006 ein Wärmeversorgungskonzept erstellt (s. Abschlussbericht v. 03.02.2006). Darin werden mehrere Möglichkeiten dezentraler und zentraler Wärmeversorgung verglichen. Empfohlen wurde schließlich eine zentrale Wärmeversorgung mit Wärmeeerzeugung durch einen Pelletskessel als Grundlastkessel und einen weiteren Gaskessel als Spitzenlastkessel.

Inzwischen haben die Stadtwerke Heidelberg im Zuge der Erschließungsmaßnahmen ein Wärmenetz im Gebiet verlegt. Außerdem sind die Planungen für eine Heizzentrale wie oben beschrieben so weit fortgeschritten, dass Angebote auf Basis von Ausschreibungen vorliegen.

In der vorliegenden Überarbeitung des Energiekonzepts sollten folgende Aufgabenstellungen bearbeitet werden:

- Der Vergleich von dezentraler Wärmeversorgung mit Gas und von Nahwärmeversorgung mit Pellets soll auf Basis der o.g. Kosten und jetziger Energiepreise aktualisiert werden.
- Auf Grundlage der genannten Kosten soll die Gestaltung des Wärmepreises, den die Stadtwerke den Bauherren anbieten können, ermittelt werden.
- Daraus sollen die zu erwartenden Kosten für die Bauherren / Nutzer bei Versorgung aus dem Nahwärmenetz ermittelt werden.
- Im Vergleich dazu sollen die Kosten für die Bauherren für eine Wärmeversorgung aus dem Fernwärmenetz der Stadtwerke ermittelt werden. Ergänzend dazu soll bewertet werden, ob eine Fernwärmeversorgung im Gebiet auch für die Stadtwerke kostendeckend zu realisieren ist.
- Für die Passivhäuser im Quartier WA4 liegt ein erster Entwurf vor. Dazu soll überprüft werden, ob für diese Gebäude eine wohnungsweise Versorgung mit den in Passivhäusern häufig eingesetzten Kompaktgeräten eine sinnvolle Alternative darstellt.

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurde der bisher angesetzte Wärmebedarf überprüft. Die in dem o.g. Entwurf für das Quartier WA4 genannten Wohnflächen liegen mehr als 15% höher als die Ansätze in der Studie von 2006. Entsprechend wurden für die weitere Bearbeitung die Wohnflächen für alle Quartiere nach oben korrigiert.

Unter Annahme folgender Bauweise:

- Passivhausstandard für Reihenhäuser in WA1 und Mehrfamilienhäuser in WA4
- "Heidelberger Standard" für alle anderen Gebäude



ergibt sich ein **Heizleistungsbedarf** von **830 kW** und ein **Wärmebedarf** für Heizung und WW-Bereitung von **1.700 MWh/a**. Auf Grund des guten Energiestandards der Gebäude liegt der Warmwasseranteil am Gesamtwärmebedarf mit 1 Drittel relativ hoch.

2. VARIANTENBESCHREIBUNG UND KOSTEN

Vorbemerkung: Alle Kostenangaben sind ohne MWSt.

2.1. Dezentrale Versorgung mit Gas

Bei Variante 1 wird das Gebiet vollständig mit Gas versorgt. Jedes Gebäude erhält einen eigenen Gasanschluss und eine Gas-Brennwerttherme bzw. -kessel sowie einen WW-Bereiter. Die **Investitionskosten** für die insgesamt 56 Anlagen liegen zwischen 8,5 und 37,5 T€, in der Summe bei **617 T€**.

Die **Jahresgesamtkosten** für alle Gebäude betragen **165 T€/a**.

2.2. Zentrale Versorgung mit Holzpellets

Die Nahwärmeversorgung besteht aus einer Heizzentrale, einem Nahwärmenetz sowie den Übergabestationen in den Gebäuden.

Das **Nahwärmenetz** wurde in den Haupterschließungsstraßen verlegt. Die Leitungen wurden in den Nennweiten DN 150 und DN 100 ausgeführt und ermöglichen eine Durchleitung eines Vielfachen der im Gebiet erforderlichen Wärmeleistung. Da noch keine genaueren Planungen für die Gebäude im Wohngebiet vorliegen und damit Angaben zu Anzahl und Lage von Hausanschlüssen noch fehlen, wurde das Netz ohne Hausanschlüsse verlegt. Diese müssen im Zuge der Bebauung im Anbohrverfahren hergestellt werden. Die **Investitionskosten** für die Verlegung des Wärmenetzes wurden von den Stadtwerken mit **150 T€** angegeben. Hinzu kommen die Kosten für die Hausanschlüsse von etwa 154 T€. Dabei wurde für jede Reihenhauszeile ein Hausanschluss mit nachfolgender Verlegung der Wärmeleitung durch die Keller angesetzt. Allerdings wird angenommen, dass auch jedes Reihenhäuser seine eigene Übergabestation erhält.

Zusammen mit den Planungskosten ergeben sich **Netzkosten** in Höhe von **340 T€**. Die **Netzverluste** liegen bei etwa **410 MWh/a**. Aufgrund des sehr geringen Wärmebedarfs ergeben sich daraus anteilige Netzverluste von **19%**.

Die **Heizzentrale** soll im Quartier WA3 im Untergeschoss eines dort vorgesehenen Kirchengebäudes erstellt werden. Vorgesehen ist ein Holzpelletskessel mit einer Leistung von

Projekt-Nr.: 25312
 Projekt-Name: Wohngebiet Schollengewann, Heidelberg

400 kW, ergänzend ein Gaskessel mit 1.200 kW. Die Pellets sollen in einem außen aufgestellten Stahlsilo gelagert werden. Auf Grund der Ausschreibungsergebnisse ist mit **Investitionskosten** für die Heizzentrale mit sämtlichen technischen Komponenten in Höhe von **290 T€** zu rechnen. Für die Erstellung des Heizraumes und sonstiger baulicher Anlagen werden von den Stadtwerken weitere **100 T€** eingeplant. Mit Planungskosten ergeben sich Gesamtinvestitionen für die Heizzentrale von **437 T€**.

Die Lage der Heizzentrale und des Wärmenetzes ist aus Bild 1 ersichtlich.



Bild 1: Lage Heizzentrale und Wärmenetz

Für die **Finanzierung des Anlagenbetriebs** wird folgendes Modell vorgeschlagen:

- Die erforderlichen Übergabestationen werden direkt von den Bauherren beschafft.
- Die Kosten für die Hausanschlüsse werden zu 100%, die für die Haupttrasse zu 70% von den Bauherren in Form eines Baukostenzuschusses bezahlt. Daraus ergeben sich Beträge zwischen 3,8 T€ (für die EFH) und 12,5 T€ (für die großen MFH).
- Die restlichen Investitionen (v.a Heizzentrale) sowie die fixen Betriebskosten (Instandsetzung, Wartung) werden den Nutzern in Form eines Leistungspreises berechnet.
- Aus den Energiebezugskosten wird der Arbeitspreis für die verkaufte Wärme ermittelt.
- Als Marge für die Stadtwerke wird ein Anteil von 10% am Umsatz angesetzt.

Daraus ergibt sich:

Leistungspreis:	72 €/(kW*a)
Arbeitspreis:	63 €/MWh



Projekt-Nr.: 25312
Projekt-Name: Wohngebiet Schollengewann, Heidelberg

Aus **Sicht des Bauherren/Nutzers** ergibt sich folgende Rechnung:

Er hat **Anfangsinvestitionen** für die Übergabestation sowie den BKZ für den Anschluss an das Wärmenetz. Diese Kosten liegen mit 8,9 T€ bis 24 T€ pro Gebäude, bzw. **580 T€** für das Gesamtgebiet in ähnlicher Größenordnung wie die Kosten für eine Gasheizung. Die **Jahresgesamtkosten** liegen mit **214 T€/a** etwa 30% höher als bei Versorgung mit Gas.

2.3. Anschluss an die Fernwärmeversorgung

Von den Stadtwerken wurde zudem der Anschluss des Wohngebiets an ihr Fernwärmenetz vorgeschlagen. Dazu ist eine Verbindungsleitung von der Pfälzer Straße zum östlichen Rand des neuverlegten Wärmenetzes erforderlich. Die 130 m lange Leitung muss zudem die Straßenbahntrasse queren. Die Kosten für die Wärmeleitung einschließlich der erforderlichen Anschlussarbeiten wird von den Stadtwerken mit **217 T€** angegeben.

Aus **Sicht der Bauherren/Nutzers** ergibt sich folgende Rechnung:

Sie haben **Anfangsinvestitionen** für die Übergabestationen sowie die festgelegten Anschlusskosten. Auch hier wird von einer Verlegung der Wärmeleitungen durch die Keller der Reihenhäuser ausgegangen. Die Investitionen liegen für die einzelnen Gebäude zwischen 6,6 T€ und 16,3 T€, in der Summe bei **450 T€**.

Die Kosten für den Wärmebezug sind in diesem Fall ebenso wie für andere Fernwärmegebiete anzusetzen. Sie setzen sich aus einem Messpreis (hier je nach Leistung zwischen 31 und 138 €/a), einem leistungsabhängigen Grundpreis (umgerechnet: 26,5 €/kW*a) sowie einem Arbeitspreis (34,06 €/MWh) zusammen. Daraus ergeben sich **Jahresgesamtkosten** für das Gesamtgebiet in Höhe von **121 T€/a**.

Für die Stadtwerke stellt sich die Frage, ob die Fernwärme bei der sehr geringen Wärmeabnahme kostendeckend betrieben werden kann:

Den Aufwendungen für das Fernwärmenetz (im Gebiet sowie Zuleitung) sowie den Wartungs- und Instandsetzungskosten stehen die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf gegenüber. Nach Abzug einer Gewinnmarge von 10% verbleiben 51 T€/a für den Wärmebezug, dies sind 24 €/MWh. Der Wärmebezugspreis der Stadtwerke von ihrem Vorlieferanten ist uns nicht bekannt.

2.4. Versorgung der Mehrfamilien-Passivhäuser mit Kompaktgeräten

Für die Mehrfamilienhäuser im Quartier WA4, die in Passivbauweise erstellt werden sollen, soll bewertet werden, ob ein Anschluss an die Nahwärme vertretbar ist oder ob eine woh-



Projekt-Nr.: 25312
Projekt-Name: Wohngebiet Schollengewann, Heidelberg

nungsweise Versorgung mit Kompaktgeräten sinnvoller ist. Das Quartier wird voraussichtlich aus zwei kleineren Gebäudeteilen mit je etwa 8 WE und einem größeren mit ca. 24 WE bestehen. Diese größere Einheit dient als Grundlage für den folgenden Anlagenvergleich.

Ein Kompaktgerät enthält die Komponenten Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Kleinstwärmepumpe für Luft- und Brauchwassererwärmung sowie einen Brauchwasserspeicher. Zudem wird ein Sole-Erdreich-Wärmetauscher zur Vorwärmung der Zuluft über den Gefrierpunkt benötigt.

Die Kosten für ein solches Gerät liegen bei 9,5 T€ Hinzu kommen ca. 2 T€ für den Erdreich-Wärmetauscher. Dem stehen folgende Gutschriften für nicht benötigte Komponenten oder für enthaltene Komponenten, die ansonsten zusätzlich beschafft werden müssten, gegenüber:

- Gutschrift für das enthaltene Lüftungsgerät (2,5 T€)
- Gutschrift für das Luft-Nachheizregister (700 €)
- Einsparung von Wärmeverteilungen für Heizung und Warmwasser (ca. 1,6 T€ pro WE)

Die verbleibenden Kosten von 8,3 T€ (incl. Planung) fallen für **jede Wohneinheit** an. Damit ergeben sich für das Gebäude mit 24 WE Investitionskosten von **198 T€**.

Bei Kompaktgeräten ist mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von etwa 2,5 zu rechnen, d.h. aus einer kWh elektrischer Energie werden 2,5 kWh Wärme erzeugt. Für den benötigten Strom kann ein vergünstigter Stromtarif der Stadtwerke genutzt werden. Es ergeben sich **Jahresgesamtkosten** in Höhe von **26,6 T€/a** für das betrachtete Gebäude (Vergleich mit den anderen Varianten s. Kap. 3.3). In den Gesamtkosten ist berücksichtigt, dass bei der dezentralen Wärmeerzeugung keine Heizkostenabrechnung erforderlich ist. Dafür werden pro WE 60 €/a gutgeschrieben.

2.5. Versorgung der Mehrfamilien-Passivhäuser mit Erdsonden-Wärmepumpe

Als weitere Alternative einer gebäudeweisen Wärmeversorgung für Passivhäuser wird der Einsatz einer Erdsonden-Wärmepumpe betrachtet. Zur Versorgung des o.g. Gebäudes mit 24 WE und einer Heizleistung mit 45 kW sind Sonden mit einer Länge von etwa 650 m Länge erforderlich. Die **Investitionskosten** für die Wärmepumpenanlage incl. Sonden, Pufferspeicher, hydraulischer Einbindung, WW-Bereiter sowie mit Planung liegen bei **100 T€**.

Die Arbeitszahl ist beim Passivhaus durch die hohen Temperaturen für den Luftheizer sowie den großen WW-Anteil begrenzt. Zur Berechnung wird ein Wert von 3,2 angesetzt. Es ergeben sich Jahresgesamtkosten von **13,6 T€/a** für das betrachtete Gebäude.

3. GEGENÜBERSTELLUNG UND BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

3.1. Vergleich Gesamtgebiet

In Bild 2 sind die Investitionskosten für die Wärmeversorgungsanlagen im Gesamtgebiet dargestellt. Darin enthalten sind alle Heizanlagen, die Wärmenetze mit Hausanschlüssen und Übergabestationen sowie die Gasanschlüsse. (Nicht enthalten sind bei Variante 1 die Kosten für das Gas-Hauptnetz, diese sind nicht bekannt.) Die Investitionen liegen zwischen 600 T€ für die dezentralen Gasheizungen und 1.100 T€ für die Nahwärmeversorgung mit Pelletskessel.

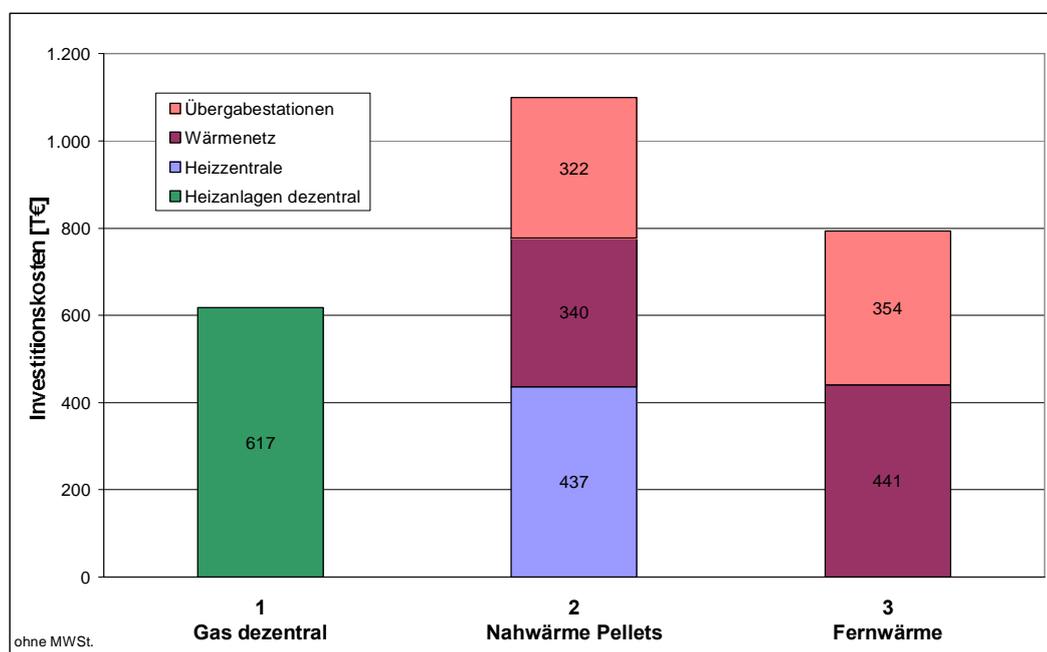


Bild 2: Investitionskosten für die Wärmeversorgungsanlagen im Gesamtgebiet

Die Investitionskosten für die Nahwärme (Variante 2) liegen deutlich höher als in der Studie von 2006 angegeben. Dies hat v.a. folgende Gründe:

- Die Kosten für die Heizzentrale haben sich deutlich erhöht. Dies ist u.a. auf die deutlich größere Dimensionierung zurückzuführen (1.600 kW Kesselleistung), die auf Grund des vorgesehenen hohen Wärmeschutzstandards der Gebäude sicherlich nicht erforderlich sein wird. Zum anderen erscheint der für die Bereitstellung des Heizraums vorgesehene Summe von 100 T€ recht hoch.
- Das Wärmenetz ist in der Ausführung deutlich länger und auch deutlich größer dimensioniert (DN 100 und DN 150) als in der Studie angesetzt. Hier ist die maximale Nennweite DN 100, für viele Leitungen war nur DN 65 oder kleiner vorgesehen.
- Als Übergabestationen für die Einfamilienhäuser wurden nun indirekte Stationen mit WW-Bereiter angesetzt, ursprünglich waren die kostengünstigeren, im Betrieb aber schwierigeren Durchflussstationen vorgesehen.

Projekt-Nr.: 25312
 Projekt-Name: Wohngebiet Schollengewann, Heidelberg

Hier bestehen zum Teil noch Einsparpotenziale, die dann auch eine Reduzierung des Wärmebezugspreises (Leistungspreis) zur Folge haben werden.

3.2. Vergleich aus Sicht des Bauherrn / Nutzers (Gesamtgebiet)

In Bild 3 sind die Investitionskosten aus Sicht des Bauherrn dargestellt. Diese sind bei Variante 1 die Kosten für die dezentralen Heizanlagen, bei den anderen Varianten setzen sie sich zusammen aus den Kosten für die Übergabestationen sowie für Hausanschlüsse und die Baukostenzuschüsse für das Wärmenetz.

Die höchsten **Investitionen** für die Nutzer ergeben sich bei Versorgung mit Gas. Der Unterschied zu den anderen Varianten beträgt jedoch weniger als 30%.

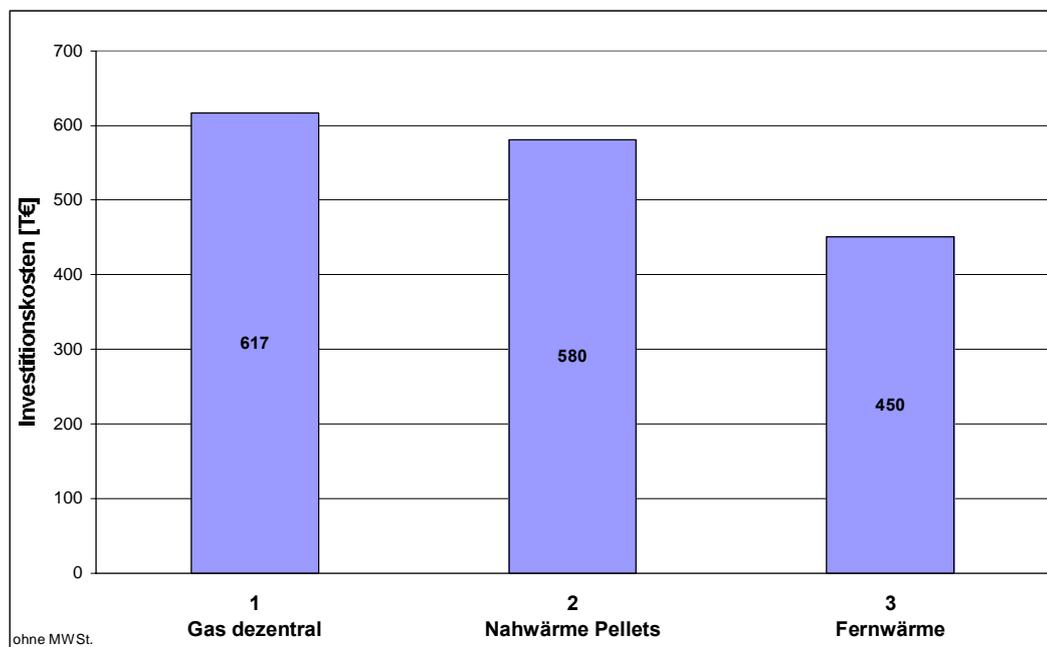


Bild 3: Investitionskosten für die Wärmeversorgung aus der Sicht des Nutzers (für Gesamtgebiet)

Die **Gesamtkosten** für den Nutzer setzen sich zusammen aus den Kapitalkosten für seine Investitionen, die Instandsetzungs- und Wartungskosten sowie den Kosten für den Energiebezug. Die geringsten Gesamtkosten für die Nutzer ergeben sich bei Versorgung mit Fernwärme, deutlich höher liegen die Kosten bei Versorgung mit Gas und v.a. mit Nahwärme aus Holzpellets (s. Bild 4). Diese Erhöhung der Gesamtkosten gegenüber der ursprünglichen Studie von 2006 ist auf die in Kap. 3.1 erläuterten höheren Kosten zurückzuführen, zusätzlich wurde hier auch eine Gewinnmarge für den Betreiber eingerechnet.

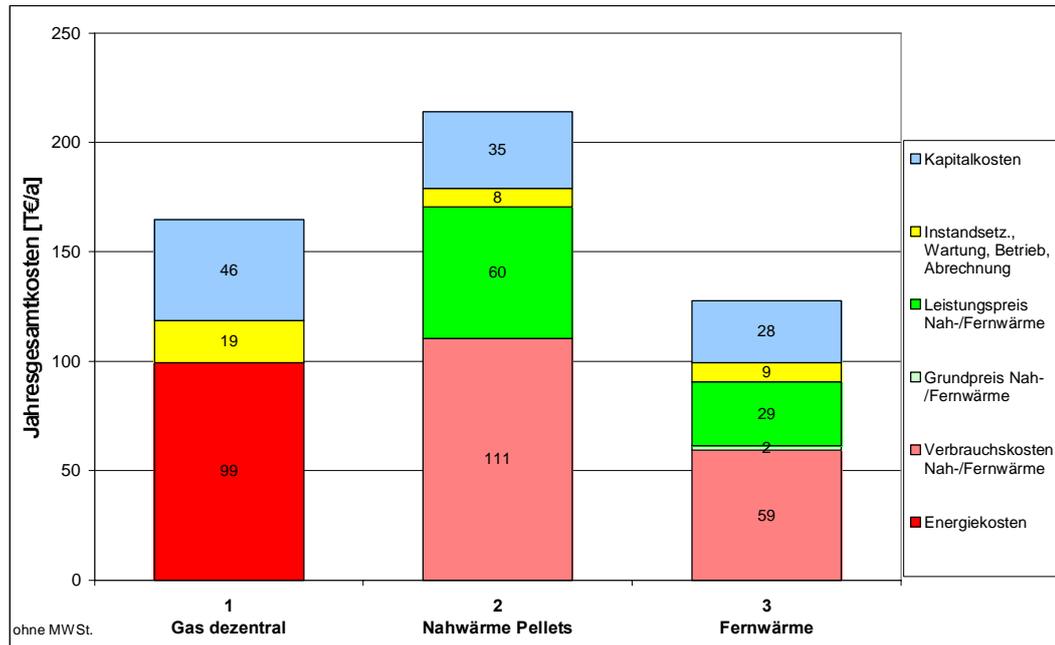


Bild 4: Jahresgesamtkosten für den Nutzer (für Gesamtgebiet)

Variante 2 und 3 führen bei dem angesetzten Wärmeschutz zur Einhaltung des KfW 60-Standards. Der daraus resultierende Zinsvorteil liegt bei etwa 250 €/a pro WE.

3.3. Versorgung der Mehrfamilienhäuser in Passivhausbauweise (aus Sicht des Bauherrn / Nutzers)

Die folgenden Grafiken geben die Kosten aus Sicht der Nutzer eines Mehrfamilien-Passivhauses wieder, erweitert um die Varianten mit Kompaktgerät bzw. mit Wärmepumpe. D.h. die Kostenbetrachtung wurde nach derselben Systematik durchgeführt wie in Kap. 3.2. Bei leitungsgebundenen Versorgungsarten wurden wie oben auch nur die für den Bauherrn entstehenden Kosten für Hausanschlüsse und Anlagen im Gebäude berücksichtigt.

Die **Investitionskosten** für die Versorgung mit Kompaktgeräten liegen mit knapp 200 T€ mehr als den Faktor 10 über den Kosten für die anderen Versorgungsvarianten, die Versorgung mit Erdsonden-Wärmepumpe beträgt etwa 100 T€ (Bild 5).

Projekt-Nr.: 25312
Projekt-Name: Wohngebiet Schollengewann, Heidelberg

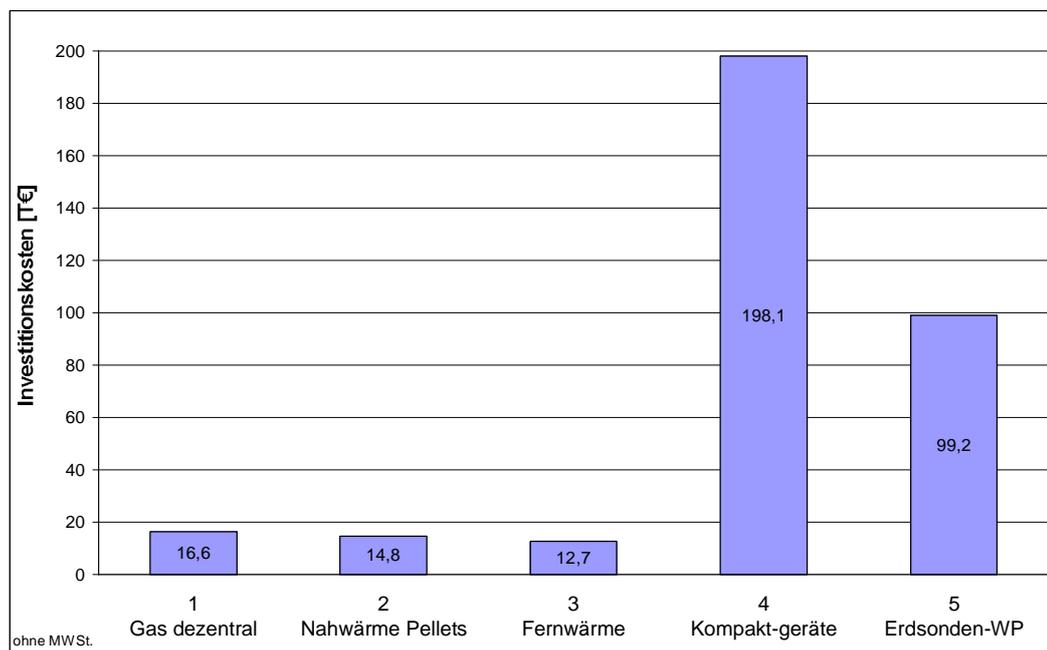


Bild 5: Investitionskosten für die Wärmeversorgung eines Mehrfamilienhauses in Passivhausbauweise (24 WE)

Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich bei den Jahresgesamtkosten (Bild 6). Die Kosten für die Versorgung mit Kompaktaggregate liegen um den Faktor 2 bis 3 über der mit den anderen Systemen. Die Versorgung mit Wärmepumpe liegt geringfügig höher als bei Nahwärmeversorgung mit Holzpellets. Allerdings ist fraglich, ob die angesetzte Arbeitszahl von 3,2 für die Wärmepumpe bei den zu erwartenden Betriebsbedingungen (hohes Temperaturniveau für Luftherhitzer und WW-Bereiter) tatsächlich zu erreichen ist.

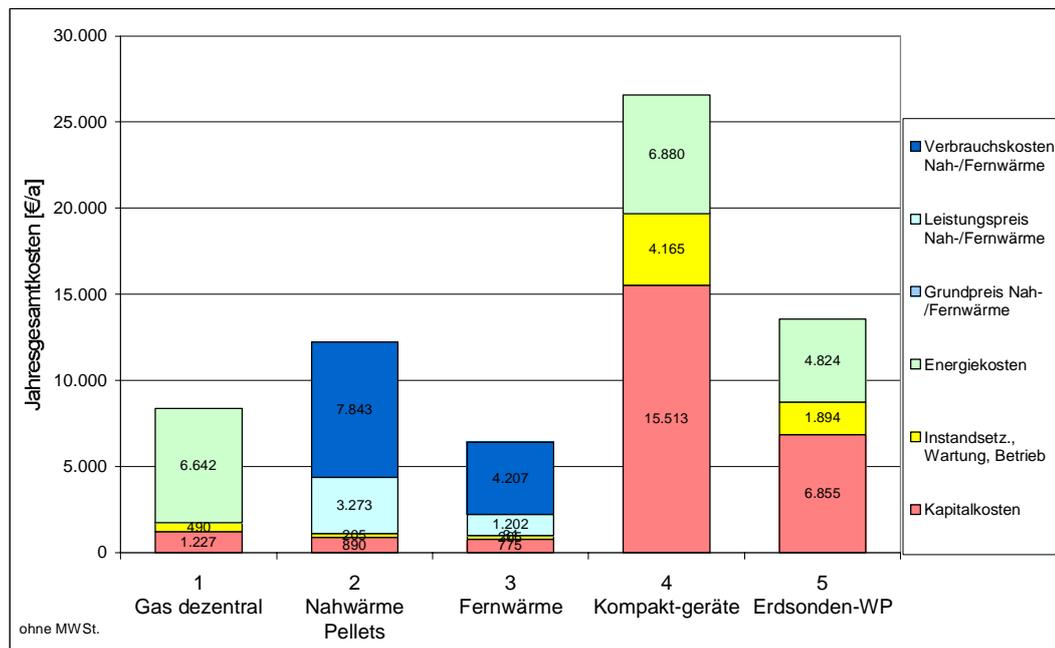


Bild 6: Jahresgesamtkosten für ein Mehrfamilienhaus in Passivhausbauweise (24 WE)

Der Einsatz von Kompaktgeräten im Mehrfamilienhaus ist folgendermaßen zu bewerten:

- Der vielfache Einsatz identischer, aber jeweils relativ teurer Geräte führt zu immensen Mehrinvestitionen und in der Folge auch zu deutlich höheren Jahreskosten als bei anderen Versorgungsarten.
- Hinzu kommen eine Reihe von technischen Problemen, die speziell beim Einsatz der Geräte im Mehrfamilienhaus auftreten: begrenzte Verlegefläche für Erdreich-Wärmetauscher, Schallprobleme bei Aufstellung innerhalb der Wohnung.

3.4. Primärenergetische Bewertung

Auch die primärenergetische Bewertung der Systeme zeigt Vorteile der Systeme Nah- oder Fernwärme. Den geringsten Primärenergiebedarf verursacht die Versorgung mit Pellets und Gasspitzenkessel, die zu einer Reduzierung um etwa 60% führt. Die Versorgung aus dem Fernwärmenetz führt zu einer Reduzierung um knapp 55% (basierend auf einem PE-Faktor für Fernwärme von 0,52). Die Wärmepumpe bringt nur in Kombination mit Erdsonden, nicht aber im Kompaktgerät eine nennenswerte Einsparung.

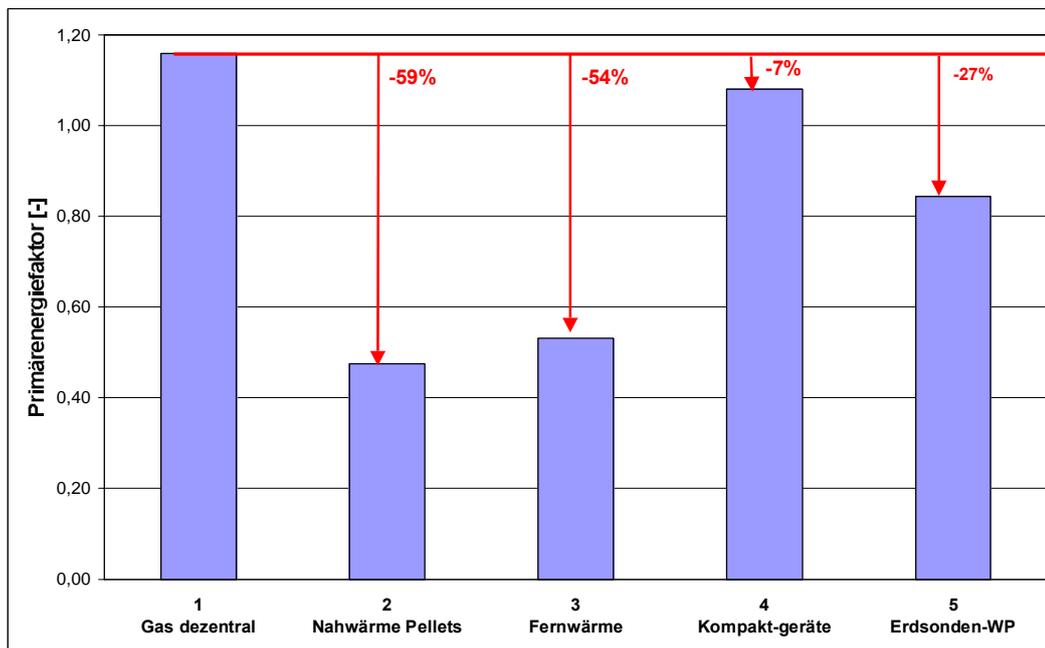


Bild 7 Primärenergiebedarf (Kennwerte: Energiebericht der Stadt Heidelberg 2004)

Ein etwas anderes Bild ergibt sich beim Vergleich der CO₂-Emissionen. Der spezifische CO₂-Ausstoß bei Fernwärme (KWK-Anlagen auf Kohle-Basis) ist nur geringfügig besser als der bei Gasheizungen, so dass die Nahwärme mit Pellets deutlich besser zu bewerten ist als die anderen Versorgungsarten.

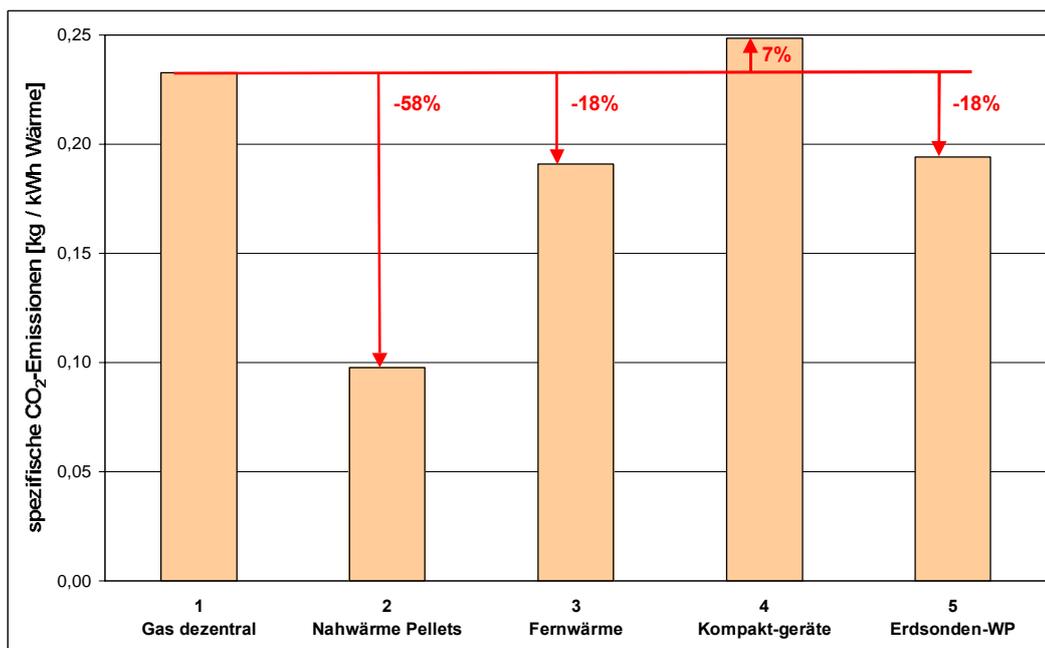


Bild 8 Spezifische CO₂-Emissionen (Kennwerte: Energiebericht der Stadt Heidelberg 2004)



4. EMPFEHLUNG

Eine Wärmeversorgung der Mehrfamilien-Passivhäuser mit Kompaktgeräten sollte aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

- Es entstehen deutlich höhere Kosten als bei den anderen Versorgungsarten.
- Die Kompaktaggregate bieten nur geringfügige ökologische Vorteile gegenüber Gas.
- Die bereits verlegte Wärmeleitung würde in Teilen nicht genutzt.

Die Versorgung mit Erdsonden-Wärmepumpe ist deutlich positiver zu bewerten als mit Kompaktgeräten, bringt aber gegenüber Nah- oder Fernwärme weder ökonomische noch ökologische Vorteile.

Bevorzugt zu empfehlen ist eine Nahwärmeversorgung mit Holzpellets:

- Sie bringt eine deutliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen. Damit ist auch der KfW 60-Standard, bei zusätzlichem Wärmeschutz-aufwand auch der KfW 40-Standard umsetzbar.
- Diese Energiestandards führen zu weiteren Vorteilen für die Bauherren durch kostengünstige Kredite. Der Zinsvorteil beträgt pro Wohneinheit etwa 250 bzw. 500 €/a.
- Die Anforderungen eines künftigen Erneuerbare-Wärme-Gesetzes sind mit der beschriebenen Nahwärme automatisch erfüllt.

Ein Teil dieser Vorteile ist auch durch eine Fernwärmeversorgung zu erreichen. Durch die Stadtwerke ist zu prüfen, ob bei der geringen Wärmeabnahme der Fernwärmebetrieb kostendeckend möglich ist.