



KWK-Inno.Net Krefeld

KWK-Modellkommune

Arbeitspaket 3.2

Ergänzung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung um die Interessengruppe der
Eigentümergeinschaft

Das Projekt wird gefördert von der Europäischen Union im Rahmen des
Förderprogramms „Investition in Wachstum und Beschäftigung“.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Abschlussbericht zum Förderprojekt KWK-Inno.Net Krefeld, KWK-Inno.Net Krefeld,
KWK-Modellkommune, Arbeitspaket 3.2
Krefeld, Dezember 2017

Förderprojekt	KWK-Modellkommune, Phase 3 Umsetzungsphase KWK-Inno.Net Krefeld
Fördernummer	64.65-69 Kraft-Wärme-Kopplung 1053 B
Projektleitung	SWK E ² – Institut für Energietechnik und Energiemanagement der Hochschule Niederrhein Prof. Dr.-Ing. Frank Alsmeyer ¹
Projektbearbeitung	Dipl.-Ing. Janine Bruchmann Charlotte Newiadomsky, M.Sc.

¹ Korrespondenzautor. E-Mail: frank.alsmeyer@hs-niederrhein.de

Vorbemerkung

In diesem Bericht wird für den fachlich korrekten Begriff „elektrische Energie“, zum besseren Verständnis das allgemein gebräuchliche Synonym „Strom“ verwendet, weiterhin wird für den fachlich korrekten Begriff „thermische Energie“ in einem Prozess zur Temperaturerhöhung das allgemein gebräuchliche Synonym „Wärme“ und in einem Prozess zur Temperaturabsenkung das allgemein gebräuchliche Synonym „Kälte“ verwendet.

Die in diesem Bericht verwendeten weiblichen Formen von Personenbezeichnungen beziehen die der Gruppe zugehörigen, männlichen Personen grundsätzlich mit ein.

Das Kompetenzzentrum SWK-Energiezentrum E² der Hochschule Niederrhein hat sich im Mai 2017 zum SWK E² – Institut für Energietechnik und Energiemanagement weiterentwickelt. In der Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern ändert sich nichts.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Methodik	2
2.1	Datengrundlage	3
2.2	Kapitalwertmethode	6
3	Ergebnisse	7
3.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Vermieterinnen	9
3.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Mieterinnen	14
3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Eigentümergemeinschaft.....	17
4	Zusammenfassung.....	26
5	Literaturverzeichnis	28
6	Anhang.....	i
6.1	Übersicht der Leistungs- und Grundpreise je Energieträger und Versorger	i
6.2	Ergebnistabellen der Kapitalwertmethode aus Sicht der Mieterinnen.....	ii
6.3	Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Mieterinnen	v
6.4	Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Eigentümergemeinschaft	viii
6.5	Gegenüberstellung der Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaft	xii

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kategorisierung der Wohngebäude	5
Abbildung 2: Vergleich der Kapitalwerte der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen; *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	11
Abbildung 3: Auszug der Gegenüberstellung der Kapitalwerte der Vermieterin und der maximal möglichen jährlichen Umlage der Investition auf die Miete, *diese Berechnungen wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	13
Abbildung 4: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1919, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	15
Abbildung 5: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Brennwertkessel mit Erdgas	21
Abbildung 6: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld.....	22
Abbildung 7: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 1, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	23
Abbildung 8: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 2, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	23
Abbildung 9: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 3, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	24
Abbildung 10: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 4, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	24
Abbildung 11: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter 1919 – 1948, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt	v

Abbildung 12: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1949 - 1978, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt vi

Abbildung 13: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1979 - 1986, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt vii

Abbildung 14: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter vor 1919, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt..... viii

Abbildung 15: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1919 - 1948, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt..... ix

Abbildung 16: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1949 - 1978, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt..... x

Abbildung 17: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1979 - 1986, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt..... xi

Abbildung 18: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für KWK-Inno.Net Krefeld..... xii

Abbildung 19: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Brennwertkessel mit Erdgas xiii

Abbildung 20: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Brennwertkessel mit Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt..... xiv

Abbildung 21: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Solarthermieanlagen mit Brennwertkessel mit Erdgas xv

Abbildung 22: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Solarthermieanlagen mit Brennwertkessel mit

Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt xvi

Abbildung 23: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergeinschaften für Wärmepumpen mit Brennwertkessel mit Erdgas xvii

Abbildung 24: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergeinschaften für Wärmepumpen mit Brennwertkessel mit Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführtxviii

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kalkulatorische Zinssätze für die Wirtschaftlichkeitsanalyse	3
Tabelle 2: Kosten der Investitionen in Heizungsanlagen	4
Tabelle 3: Kapitalwerte der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen.....	9
Tabelle 4: Spezifische Kapitalwerte je installierter Heizleistung in kW der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen	11
Tabelle 5: Spezifische Kapitalwerte je Wohnfläche in m ² der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen	12
Tabelle 6: Durchschnittliche Stromverbräuche je Haushaltsgröße und Einsparung der Stromkosten durch den vergünstigten Stromtarif des KWK-Inno.Net Krefeld im Vergleich zum Tarif meinSWK DIREKT Strom	16
Tabelle 7: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr vor 1919	ii
Tabelle 8: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1919 und 1948.....	iii
Tabelle 9: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1949 und 1978.....	iii
Tabelle 10: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1979 und 1986.....	iv

Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen	Einheit(en)	Bedeutung
K	€	Kosten
K _V	€	Variable Kosten
K _f	€	Fixe Kosten
P _{inst}	kW	installierte Leistung

Abkürzung	Bedeutung
€	Währungszeichen für Euro
a	Jahr
AfA	Absetzung für Abnutzung
AG	Aktiengesellschaft
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
ct	Cent
e.V.	eingetragener Verein
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
inst.	installiert
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
m ²	Einheit: Quadratmeter
NRW	Nordrhein-Westfalen
SWK	Stadtwerke Krefeld
vgl.	vergleiche

1 Einleitung

Das im Jahr 2017 novellierte Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz unterstreicht die Bedeutung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Rahmen der Energiewende und bei der Umsetzung der politischen Energie- und Klimaziele. Die Technologie könnte auch langfristig einen festen Platz im Energiesystem haben, da auch regenerativ erzeugte Brennstoffe eingesetzt werden können. Die Studie „Potenzialerhebung von Kraft-Wärme-Kopplung in NRW“ belegt, dass gerade Nordrhein-Westfalen (NRW) mit seinen vielfältigen Ballungsräumen im Bereich KWK über enorme Ausbaupotenziale verfügt (Eikmeier, et al. 2011). Um diese Potenziale zu nutzen, hat das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen im Oktober 2012 die Kommunen aufgerufen, den KWK-Ausbau vor Ort zu fördern. Die Stadt Krefeld ist diesem Aufruf gefolgt und hat gemeinsam mit den Stadtwerken Krefeld SWK AG und dem SWK E² - Institut für Energietechnik und Energiemanagement der Hochschule Niederrhein das Forschungsprojekt *KWK-Inno.Net Krefeld* initiiert.

Ziel des Projektes ist die Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks aus wirtschaftlich orientiert betriebenen Mini-Blockheizkraftwerken in Krefeld und die Übertragung des Konzeptes auf weitere Kommunen in NRW. Die Aufgaben des SWK E² - Institut für Energietechnik und Energiemanagement sind die Unterstützung kommunaler Entscheidungsträgerinnen bei der Identifizierung ihres KWK-Ausbaupotenzials und die ökologische und ökonomische Bewertung der geplanten Maßnahmen sowie möglicher ergänzender Technologien aus Sicht der Kundinnen.

Im vorliegenden Bericht wird die Wirtschaftlichkeit des Konzeptes KWK-Inno.Net Krefeld am Beispiel von Krefelder Mehrfamilienhäusern aus der Perspektive von Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften bewertet und das Berechnungsverfahren erklärt.

2 Methodik

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Kundinnen werden 6 verschiedene Heizungssysteme als Alternativen zum KWK-Inno.Net Krefeld unter der Voraussetzung, dass die alte Heizungsanlage ausgetauscht werden muss, miteinander verglichen. Ausgehend von Solarthermieanlagen wird angenommen, dass bis zu 30 % der im Gebäude benötigten Heizlast über diese Anlagen bereit gestellt werden können (VdZ - Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V. 2015). Abhängig von der Dachausrichtung, Anlagenspezifikation und Sonnenscheindauer kann dieser Wert abweichen. Die restliche benötigte Heizlast wird über Brennwertkessel zur Verfügung gestellt. Um die Anzahl der Variablen im direkten Vergleich der Heizungssysteme gering zu halten, wurde für Erdwärmepumpen ebenfalls angenommen, dass diese ca. 30 % der im Gebäude benötigten Heizlast bereitstellen und der Rest über Brennwertkessel zur Verfügung gestellt wird.

Die Alternativen sind

1. ein gasbetriebener Brennwertkessel,
2. ein mit Holzpellets betriebener Brennwertkessel,
3. eine Solarthermieanlage (Annahme: 30% der benötigten Heizlast), ergänzt um einen gasbetriebenen Brennwertkessel,
4. eine Solarthermieanlage (Annahme: 30% der benötigten Heizlast), ergänzt um einen mit Holzpellets betriebenen Brennwertkessel,
5. eine Erdwärmepumpe (Annahme: 30% der benötigten Heizlast), ergänzt um einen gasbetriebenen Brennwertkessel und
6. eine Erdwärmepumpe (Annahme: 30% der benötigten Heizlast) ergänzt um einen mit Holzpellets betriebenen Brennwertkessel.

In den jeweiligen Investitionen werden BAFA-Förderungen und die Abschreibungszeiträume nach AfA-Tabelle berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.1). Hierbei ist zu beachten, dass speziell bei den Investitionskosten für mit Holzpellets betriebene Brennwertkessel das notwendige Holzpelletlager nicht berücksichtigt wurde. Aufgrund der gebäudespezifischen Gegebenheiten, der benötigten Größe des Lagers und der Art der gewünschten Holzpelletzuführung kann keine pauschalisierte Investitionshöhe festgelegt werden.

Die Investition wird, soweit rechtlich möglich, als Sanierungsmaßnahme auf die Kaltmiete umgelegt. Für die Umlage der Investition auf die Kaltmiete wird der durchschnittliche Mindestmietpreis pro Quadratmeter in Krefeld konservativ mit 5 €/m² angesetzt. Die Wartungs-, Instandhaltungs- und Betriebskosten und die Kosten für den Energieträger werden auf die Nebenkosten umgelegt. Bei Heizungsanlagen mit einer Nutzungsdauer von mehr als 10 Jahren (Betrachtungszeitraum) wird ein Restwert nach AfA-Abschreibungstabelle berücksichtigt². Um einen möglichst großen Bereich verschiedener Anlagengrößen berücksichtigen zu können, werden die Gebäude nach Baujahr, Wohnungsgröße und Anzahl der Wohneinheiten kategorisiert (vgl. Abbildung 1, Kapitel 2.1). Aus dieser Stichprobe werden der Maximalwert, der Median, das untere und das obere Quartil als Anlagengröße für die Wirtschaftlichkeitsanalyse ausgewählt.

2.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage werden für die Wirtschaftlichkeitsanalyse die benötigten kalkulatorischen Zinssätze für unterschiedliche Sparanlagen zu Grunde gelegt (siehe Tabelle 1). Diese Werte werden in der Analyse mit der Kapitalwertmethode für die Abzinsungsberechnung benötigt.

Tabelle 1: Kalkulatorische Zinssätze für die Wirtschaftlichkeitsanalyse

Zinssatz	Sparanlage
2,02 %	10-jährige Bundesanleihe
4,64 %	Maximum in den letzten 10 Jahren der 10-jährigen Bundesanleihe
-0,16 %	Minimum in den letzten 10 Jahren der 10-jährigen Bundesanleihe
3,28 %	Sparbrief über 10 Jahre
4,66 %	Maximum in den letzten 10 Jahren des Sparbriefs über 10 Jahre
1,07 %	Minimum in den letzten 10 Jahren des Sparbriefs über 10 Jahre
6,00 %	unternehmerischer interner Zinssatz des Betreibers, nur für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht des Betreibers
Quelle: (FMH-Finanzberatung 2017)	

² Steuerberater und Finanzämter haben sich bisher auf 10 Jahre Abschreibung geeinigt, allerdings gilt seit 01.01.2016 eine Abschreibung von 50 Jahren für BHKW-Anlagen, die hauptsächlich für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung genutzt werden. Das betrifft dann hauptsächlich kleine Anlagenbetreiber und Hauseigentümer (BHKW-Infozentrum GbR 2015).

Tabelle 2 zeigt die Kosten der Investition für verschiedene Heizungsanlagen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf, die sich aus variablen und fixen Kosten zusammensetzen.

Tabelle 2: Kosten der Investitionen in Heizungsanlagen

Heizungsanlage	Variable Kosten [€/kW _{inst}]	Fixkosten [€]
gasbetriebener Brennwertkessel	48	5.600
Brennwertkessel, betrieben mit Holzpellets	111	18.050
Solarthermieanlage	2.000	K _v *0,4
Erdwärmepumpe	4.900	K _v *0,4
Quelle: (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012) ³		

Weitere benötigte Daten für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die Abschreibungszeiträume der einzelnen Heizungsanlagen sowie die angesetzte BAFA-Förderung für Heizungsanlagen mit erneuerbaren Energien.

Die Abschreibungszeiträume der Heizungsanlagen nach AfA-Tabelle (Bundesfinanzministerium 2000) betragen

- 15 Jahre für die Heizkessel und die Wärmepumpe (siehe Punkte 3.1.9 und 3.1.14)
- und 10 Jahre für die Solarthermieanlage (siehe Punkt 3.1.7).

Die angesetzten BAFA-Förderungen für Heizungsanlagen mit erneuerbaren Energien (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015) betragen

- für Brennwertkessel betrieben mit Holzpellets 80 €/kW-Heizleistung, jedoch mindestens 3.000 € (siehe Kapitel IV. Förderung durch Investitionszuschüsse (BAFA) - 2.2.1.1 Pellet-Anlagen, S. 9),
- für Erdwärmepumpen 100 €/kW-Heizleistung, jedoch mindestens 4.000 € (siehe Kapitel IV. Förderung durch Investitionszuschüsse (BAFA) - 3.2.1.2 Elektrische Wärmepumpen (Wärmequelle Erdwärme und Wasser), Sorptionswärmepumpen, gasmotorische Wärmepumpen, S. 13) sowie

³ Es gibt einen neueren Bericht des Institut Wohnung und Umwelt (IWU) von 2015, der allerdings die Werte des oben zitierten Berichts benutzt.

- für Brennwertkessel betrieben mit Holzpellets, kombiniert mit Solarthermieanlage: zusätzlich bis zu 500 € (siehe Kapitel IV. Förderung durch Investitionszuschüsse (BAFA) - 1.2.2.1 Kombinationsbonus bei Solarkollektoranlagen, S. 6).

Abbildung 1 zeigt die möglichen Kombinationen aus Baujahr, Anzahl der Wohneinheiten und Wohnungsgröße zur Kategorisierung der Gebäude in Abhängigkeit ihres Wärmebedarfs.

Nicht berücksichtigt werden die Kombinationen von mehr als 15 Wohneinheiten mit Wohnungsgrößen >100 m². Insgesamt werden demnach 528 unterschiedliche Kombinationen analysiert.

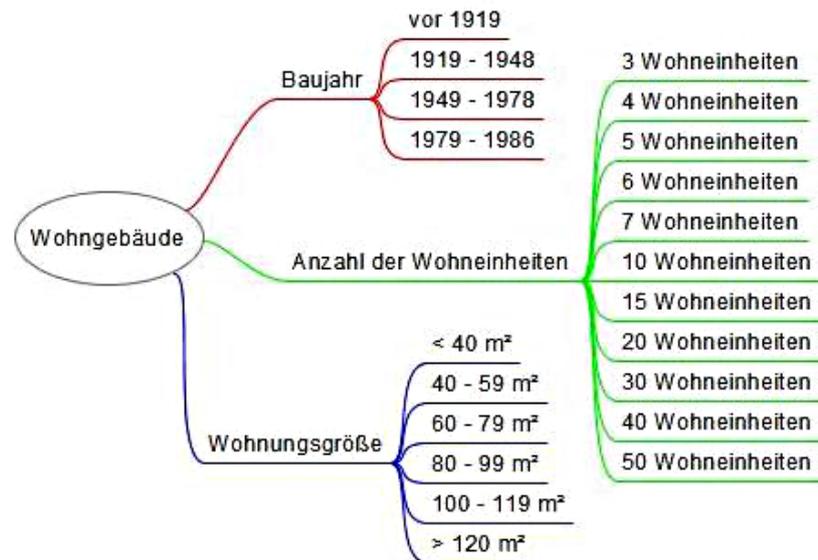


Abbildung 1: Kategorisierung der Wohngebäude

2.2 Kapitalwertmethode

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird die Kapitalwertmethode genutzt. Diese beschreibt die Wirtschaftlichkeit einer Investition im Vergleich zur Anlageverzinsung am Kapitalmarkt. Die Kapitalwerte sind negativ, da sich aus der Wärmeversorgung für die Vermieterin bzw. die Mieterin keine Gewinne ergeben. Die Kapitalwerte wurden unter Berücksichtigung verschiedener Zinssätze von Sparanlagen zwischen -0,16 % und 4,66 % (vgl. Tabelle 1) berechnet.

Die Kosten der Investitionen setzen sich zusammen aus Anschaffungs-, Installations- und Montagekosten, abgebildet wird das in der Kostenfunktion $K(P_{inst})$

$$K(P_{inst}) = K_v(P_{inst}) + K_f .$$

Hierbei entspricht $K_v(P_{inst})$ den variablen Kosten in Abhängigkeit der installierten Heizleistung P_{inst} . Die Fixkosten entsprechen K_f und beinhalten die Kosten, die unabhängig von der installierten Heizleistung auftreten (beispielsweise Verrohrungen, Inbetriebnahme oder behördliche Genehmigungen etc.). K_f kann für die Investition in Solarthermieanlagen und Erdwärmepumpen nicht pauschal angegeben werden, da sie stark von den Rahmenbedingungen im Einzelfall abhängen. Für diese Anlagen werden die Kosten der Montage- und Installationsarbeiten mit einem Faktor von 0,4 (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2012) multipliziert:

$$K(P_{inst}) = K_v(P_{inst}) + 0,4 * K_v(P_{inst}). \quad (\text{Werte in Tabelle 2, Kapitel 2.1})$$

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch die unterschiedlichen Zinssätze in allen Betrachtungen lediglich die absoluten Werte der Kapitalwerte ändern, nicht aber die Verhältnisse der Kapitalwerte der Investitionsalternativen zueinander, so dass in diesem Bericht nur die Ergebnisse des aktuellen Zinssatzes aus dem Jahr 2017 der zehnjährigen Bundesanleihe aufgeführt werden. Der Betrachtungszeitraum für die Berechnung des Kapitalwertes wird mit 10 Jahren angesetzt. Der Betrachtungszeitraum entspricht somit der Vertragslaufzeit im Konzept KWK-Inno.Net Krefeld zwischen der Betreiberin und der Vermieterin der Wohnanlage.

Im Besonderen ist anzumerken, dass es sich bei dem Konzept KWK-Inno.Net Krefeld um ein Contracting-Konzept handelt, bei welchem die Gebäudeinhaberinnen lediglich den Platz für die Anlage zur Verfügung stellen müssen. Es entstehen für die Gebäudeinhaberin weder eine Investition für die Anlage an sich, noch laufende Kosten für Wartung oder Instandhaltung, da diese Kosten im Konzept KWK-Inno.Net Krefeld von der Stadtwerke Krefeld AG übernommen wird. Im Gegenzug erhalten die Mieterinnen der Wohnungen im Gebäude einen speziellen Stromtarif (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2010), wie es bei traditionellem Contracting üblich ist. Im Zuge des Contracting erhält die Stadtwerke Krefeld AG die Erlaubnis der Gebäudeinhaberin, die Anlage im Rahmen des Konzeptes zu nutzen und in ein virtuelles Kraftwerk einzubinden. Weitere Details zum Konzept sind den Arbeitspaketen 1 und 2 zu entnehmen, die von der SWK Energie GmbH bearbeitet werden.

Da bisher in Krefeld keine weiteren Contracting-Partner zur Verfügung stehen, die die Anlagen strommarktgeführt und nicht wärmegeführt⁴ fahren, ist ein Vergleich mit weiteren Contracting-Partnern nicht möglich. Hinzu kommt, dass man bei Preisanfragen bei den vorliegenden Contracting-Partnern in Krefeld die Rückmeldung erhält, dass der Contracting-Preis stark von dem individuellen Anschluss abhängt und keine pauschale Antwort hierzu gegeben werden kann.

⁴ BHKWs werden herkömmlicherweise wärme-, strom- oder netzgeführt gefahren. Das vorgestellte Konzept KWK-Inno.Net Krefeld strebt aber eine strommarktgeführte Betriebsweise an.

Aus diesem Grund entsprechen die in der Analyse herangezogenen Vergleichsanlagen Heizanlagen ohne Contracting-Verträgen. Hierbei trägt die Gebäudeinhaberin die komplette Investition und kommt für die laufenden Kosten wie Instandhaltung und Wartung selbst auf bzw. legt diese Kosten anteilig auf die Mieterinnen um. Die Mieterinnen erhalten im Rahmen der Analysen den günstigsten Standardtarif der Krefelder Stadtwerke. In der Realität steht den Mieterinnen natürlich die freie Anbieterwahl zur Verfügung.

Eine Analyse der Gebäude- und Wohnstrukturen der geeigneten Quartiere in Krefeld zeigte im Rahmen des 2014 erstellten Feinkonzeptes, dass Mietwohnungen das größte Potenzial zur Umsetzung des Konzeptes aufweisen (Bruchmann, Rubin und Renner 2014). Für die Analyse der Eigentümergemeinschaft wurden die bereits erstellten Berechnungen aus dem Feinkonzept in das Programm MATLAB®⁵ übertragen und um die Analyse der Eigentümergemeinschaft ergänzt. Im Zuge dessen wurden leichte Korrekturen in den Berechnungen vorgenommen und beispielsweise die benutzten Zinssätze für das Jahr 2017 aktualisiert, die Kernaussagen des Feinkonzeptes gelten jedoch weiterhin.

⁵ MATLAB® ist ein Programm zur Lösung mathematischer Probleme und zur grafischen Darstellung der Ergebnisse. Das Programm ist vor allem für numerische Berechnungen mithilfe von Matrizen ausgelegt (The MathWorks, Inc. 2016).

3.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Vermieterinnen

Die Investitionen erfolgen aus Eigenkapital. Der durch die Sanierungsmaßnahme erstattungsfähige Steuervorteil für die Eigentümerin der Immobilie wird nicht berücksichtigt, da dieser vom individuellen Steuersatz abhängt. Eine Berücksichtigung könnte dazu führen, dass die Investition in einen Brennwertkessel unabhängig vom Brennstoff in einer Einzelfallbetrachtung im Vergleich zu KWK-Inno.Net Krefeld einen wirtschaftlichen Vorteil aufweist. Ein wirtschaftlicher Vorteil wäre dann vom individuellen Steuersatz abhängig. Dieser Vorteil ist abhängig von den Vermögens- und Lebensumständen der Eigentümerin und kann daher an dieser Stelle nicht einkalkuliert werden. Die Kapitalwerte der Investitionsalternativen sind in Tabelle 3 und in Abbildung 2 aufgeführt. Die angegebenen Heizleistungsstufen wurden über eine Bedarfsrechnung ermittelt.

Der Kapitalwert des KWK-Inno.Net Krefeld beträgt aus Sicht der Vermieterin Null, da die Kosten entweder von der Betreiberin oder von der Endenergienutzerin, also der Mieterin, getragen werden.

Holzpellets verursachen als Brennstoff, unabhängig von der benötigten Heizleistung des Gebäudes aus der Sicht der Immobilieneigentümerin, mehr als doppelt so hohe Kosten wie ein Brennwertkessel mit Erdgas (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Kapitalwerte der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen

	unteres Quartil: 53 kW	Median: 96 kW	oberes Quartil: 180 kW	Maximalwert: 695 kW
KWK-Inno.Net Krefeld	0,- €	0,- €	0,- €	0,- €
Brennwertkessel mit Erdgas	-1.003 €	-1.307 €	-1.896 €	-5.511 €
Brennwertkessel mit Holzpellets	-2.895 €	-3.599 €	-4.962 €	-13.327 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	-30.578 €	-52.439 €	-94.757 €	-354.513 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-37.287 €	-57.813 €	-97.548 €	-341.447 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	-61.717 €	-109.162 €	-201.003 €	-764.749 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-68.915 €	-115.025 €	-204.283 €	-752.172 €

Durch eine Investition in die Kombinationen von Solarthermieanlage oder Erdwärmepumpe mit einem Brennwertkessel, unabhängig vom Brennstoff und der

benötigten Heizleistung aus Sicht der Immobilieneigentümerin, werden ebenfalls höhere Kosten erzeugt. Auch hier ergeben sich im Allgemeinen für den Betrieb mit Holzpellets höhere Kosten als für den Betrieb mit Erdgas (vgl. Abbildung 2). Eine Ausnahme bilden Gebäude, die die maximal benötigte Heizleistung nutzen. In diesen Fällen werden bei der Kombination von Solarthermie und Erdwärmepumpen mit einem Brennwertkessel, der durch Erdgas betrieben wird, höhere Kosten als bei Betrieb mit Holzpellets erzeugt (Solarthermieanlagen: über 341.000 € bzw. 354.000 € und Wärmepumpen: über 752.000 € bzw. 764.000 € (siehe Tabelle 3)). Bei den Berechnungen wurde die Umlage auf die Mieterinnen (und damit die Mietmehreinnahmen) berücksichtigt. Laut § 559 Mieterhöhung nach Modernisierungsmaßnahmen (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2016) dürfen jährlich 11% der Investitionskosten auf die Jahresmiete umgelegt werden. Da jedoch eine Mieterhöhung nach § 559 immer eine Einzelfallentscheidung ist, wurde bei den Berechnungen davon ausgegangen, dass eine Mieterhöhung nur wie bei einer modernisierenden Instandhaltung erfolgen kann. Von den auf die Kaltmiete umlagefähigen Gesamtkosten der Maßnahme müssen hierfür die Kosten abgezogen werden, die für eine reine Erhaltungsmaßnahme der Heizungsanlage aufgewendet werden müssten (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2016). Hierbei sind die Kappungsgrenze (Miete darf sich innerhalb von drei Jahren nicht mehr um 20 % erhöhen) und / oder der Mietspiegel zu beachten (Hundt 2017).⁶ Bei den durchgeführten Berechnungen wird von einer Umlage in Höhe von 11% der umlagefähigen Gesamtkosten der Maßnahme ausgegangen, da angenommen wird, dass die bestehende Heizungsanlage nicht weiter erhalten werden kann.

Die Berechnung der Mieterhöhung bei einer modernisierenden Instandhaltung erfolgt im Allgemeinen nach folgender Gleichung:

$$\text{Umlage auf die Kaltmiete} = \text{umlagefähige Kosten} - \text{Kosten zur Erhaltung der alten Heizungsanlage}$$

⁶ Bei einer Mieterhöhung ist dabei grundsätzlich zu beachten, dass die Regelungen zur sog. „Mietpreisklemme“ (vgl. BGB §§ 556 d – 556 g) und den Regelungen über die Miethöhe (vgl. BGB §§ 557 – 561) eingehalten werden.

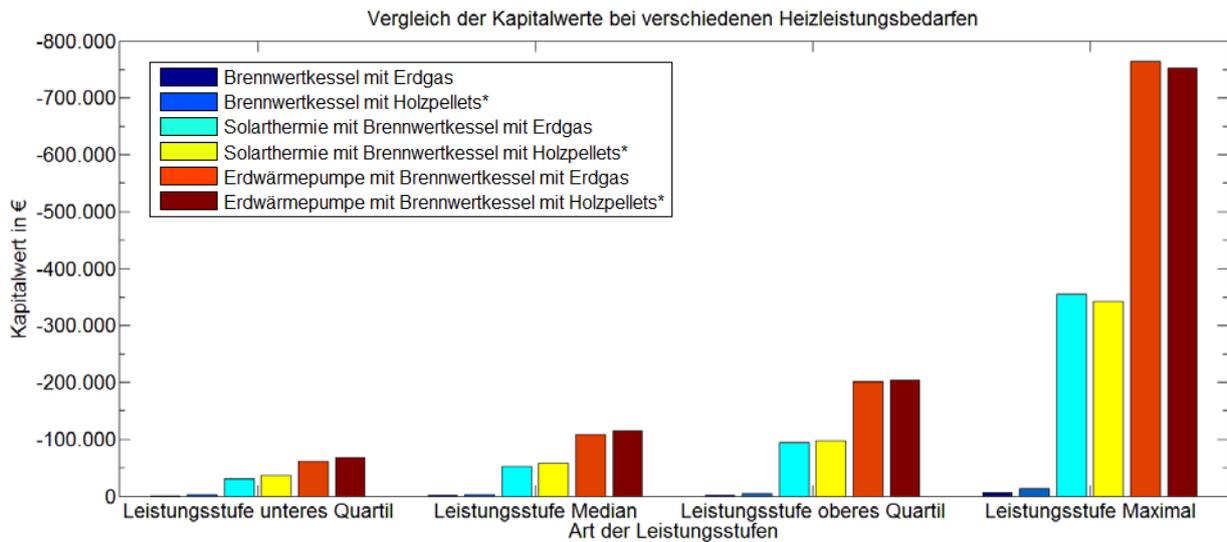


Abbildung 2: Vergleich der Kapitalwerte der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen; *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

Bei Betrachtung der Kapitalwerte pro kW Heizleistung bzw. pro m² Wohnfläche ergibt sich dasselbe Ergebnis (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5). Wie bereits in der Gesamtbetrachtung zuvor, ist die Umlage der Eigentümerin auf die Mieterinnen bereits mit berücksichtigt.

Tabelle 4: Spezifische Kapitalwerte je installierter Heizleistung in kW der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen

	unteres Quartil: 53 kW	Median: 96 kW	oberes Quartil: 180 kW	Maximalwert: 695 kW
KWK-Inno.Net Krefeld	0,- €	0,- €	0,- €	0,- €
Brennwertkessel mit Erdgas	-19,01 €	-13,60 €	-10,53 €	-7,93 €
Brennwertkessel mit Holzpellets	-54,88 €	-37,45 €	-27,57 €	-19,18 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	-579,60 €	-545,68 €	-526,43 €	-510,09 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-706,76 €	-601,60 €	-541,93 €	-491,29 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	-1.169,82 €	-1.135,92 €	-1.116,68 €	-1.100,36 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-1.306,26 €	-1.196,93 €	-1.134,91 €	-1.082,26 €

Tabelle 5: Spezifische Kapitalwerte je Wohnfläche in m² der Investitionsalternativen aus Sicht der Vermieterinnen

	unteres Quartil: 264 m ²	Median: 481 m ²	oberes Quartil: 900 m ²	Maximalwert: 3.475 m ²
KWK-Inno.Net Krefeld	0,- €	0,- €	0,- €	0,- €
Brennwertkessel mit Erdgas	-3,80 €	-2,72 €	-2,11 €	-1,59 €
Brennwertkessel mit Holzpellets	-10,98 €	-7,49 €	-5,51 €	-3,84 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	-115,92 €	-109,14 €	-105,29 €	-102,02 €
Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-141,35 €	-120,32 €	-108,39 €	-98,26 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	-233,96 €	-227,18 €	-223,34 €	-220,07 €
Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)	-261,25 €	-239,39 €	-226,98 €	-216,45 €

Bei Gegenüberstellung der maximal möglichen Umlage der Investition (11%) der Vermieterinnen auf die Miete (Auszug der Ergebnisse vgl. Abbildung 3) ist von einer Amortisation der modernisierten Heizungsanlage innerhalb der 10 Jahre dauernden Betriebsdauer laut AfA-Tabelle auszugehen. Das bedeutet für die Vermieterin, dass hohe Kosten durch die Beschaffung der entsprechenden Heizwärmeanlage entstehen und es möglich ist, diese Kosten über Mietmehreinnahmen zu amortisieren.

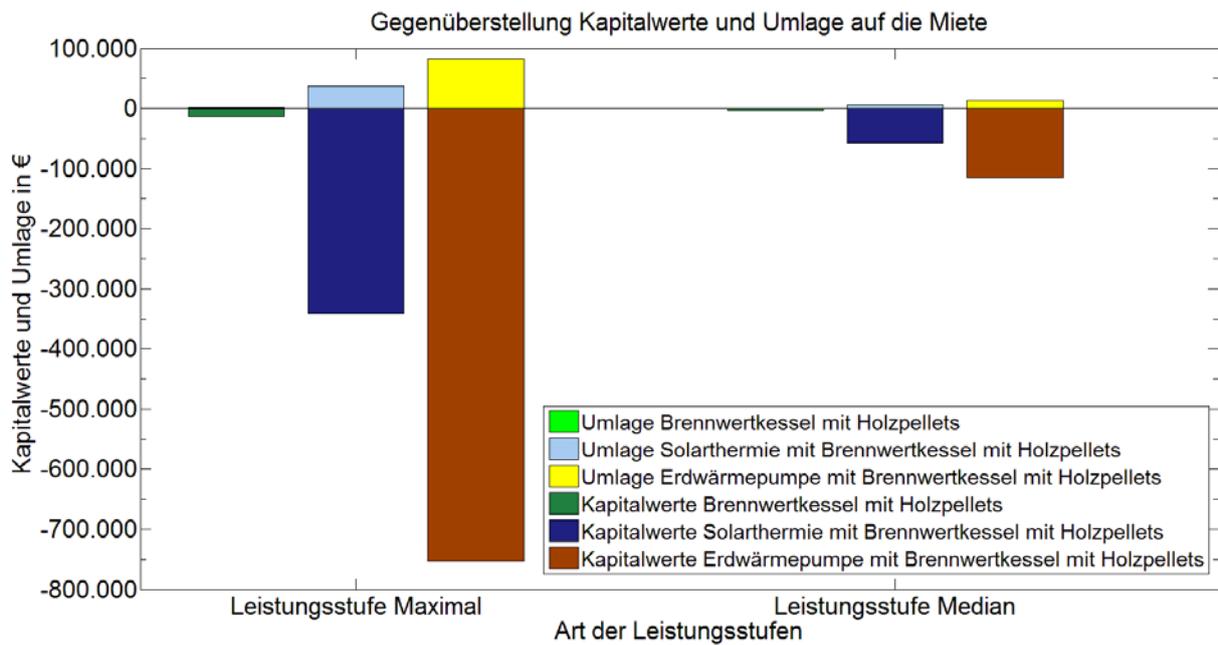


Abbildung 3: Auszug der Gegenüberstellung der Kapitalwerte der Vermieterin und der maximal möglichen jährlichen Umlage der Investition auf die Miete, *diese Berechnungen wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

Das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld bietet im Vergleich zu den Investitionsalternativen für die Vermieterin den besonderen Vorteil, keine Investition tätigen zu müssen. Die Verbrauchskosten der Heizungsanlage werden von den einzelnen Mieterinnen getragen, gleichzeitig muss sich die Vermieterin nicht um die Wartung und den Betrieb der Heizungsanlage kümmern, so dass ihr ihr Eigenkapital zur Verfügung steht.

3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Mieterinnen

Für jede Kombinationsmöglichkeit von Wohnungsgrößen und Gebäudealter (vgl. Abbildung 1, Kapitel 2.1) wurde der benötigte jährliche Wärmebedarf der jeweiligen Wohnung berechnet. Für die Berechnung des jährlichen Wärmebedarfs wird der mittlere Heizwärmebedarf pro Fläche nach Baujahr der Gebäude (Smolka 2008) mit der Wohnungsgröße multipliziert. In Abhängigkeit von diesem Wärmebedarf wurden die Heizkosten inkl. der Mieterhöhung durch die Sanierungsmaßnahme in der Kapitalwertmethode berücksichtigt.

Da die Mieterinnen ihren Versorger für Erdgas bzw. Holzpellets frei wählen dürfen, werden in den Kapitalwertberechnungen Vergleichstarife aus Vergleichsportalen berücksichtigt. Hierbei müssen die unterschiedlichen Grund- und Leistungspreise⁷ der einzelnen Anbieter miteinander verglichen werden. Eine Übersicht über die in der Berechnung berücksichtigten Leistungs- und Grundpreise sowie Boni der einzelnen Energieträger je Anbieter befindet sich im Anhang (Kapitel 6.1).

Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Kapitalwerte aller alternativen Heizungsanlagen aus Sicht der Mieterin für ein Gebäudebaujahr vor 1919 und für unterschiedliche Wohnungsgrößen. Die Abbildungen für die anderen untersuchten Gebäudealter befinden sich im Anhang (Kapitel 6.3). In allen Kombinationen ist die Wärmeversorgung über KWK-Inno.Net Krefeld für die Endkundin die günstigste Alternative (vgl. dunkelblaue Säule in Abbildung 4 für Gebäude mit Baujahr vor 1919).

Die zweitgünstigste Alternative zum Konzept KWK-Inno.Net Krefeld stellen Brennwertkessel mit Holzpellets dar. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass für die Berechnung der Kapitalwerte die Holzpelletpreise in Krefeld (5,42 ct /kWh) (Heizpellet24.de 2017) über den durchschnittlichen Holzpelletpreisen Deutschlands liegen (4,73 ct/kWh) (Deutsches Pelletinstitut GmbH 2017). Im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Feinkonzept (Bruchmann, Rubin und Renner 2014) sind die Holzpelletpreise für Krefeld um 2,3 ct/kWh gestiegen, während der durchschnittliche

⁷ Der Grundpreis entspricht einem festen, verbrauchsunabhängigen Bereitstellungs- und Verrechnungspreis. Der Leistungspreis entspricht einem verbrauchsabhängigen Entgelt für den höchsten Leistungsmittelwert im Abrechnungszeitraum. Der Arbeitspreis entspricht dem verbrauchsabhängigen Entgelt je Einheit an elektrischer Arbeit in Euro je kWh (€ / kWh). Der Leistungspreis kann eine Komponente des Arbeitspreises sein. (Paschotta 2015)

Holzpelletpreis in Deutschland um 0,4 ct/kWh (Deutsches Pelletinstitut GmbH 2016) gefallen ist. Dies kann sich bei der Übertragung der Berechnung der Kapitalwerte auf andere Kommunen unter Umständen negativ auswirken, so dass Brennwertkessel mit Holzpellets nicht automatisch die zweitgünstigste Alternative zum Konzept KWK-Inno.Net Krefeld darstellen könnten. Zudem wurden in den Berechnungen nicht die Kosten für die Errichtung des Holzpelletlagers berücksichtigt (vgl. Kapitel 2).

Für alle Wohnungsgrößen gilt für alle Gebäudebaujahre, dass das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld die günstigste Alternative darstellt und im Vergleich zu Brennwertkesseln mit Erdgasbetrieb einen Kostenvorteil aufweist (Beispiel für Wohnungen unter 40m² Größe: 674 € für ein Gebäudealter vor 1919, 669 € für ein Gebäudealter zwischen 1919 und 1948, 676 € für ein Gebäudealter zwischen 1949 und 1978 und 774 € für ein Gebäudealter von 1979 bis 1986; vgl. Tabelle 7 bis Tabelle 10, Kapitel 6.2). Abhängig von der Wohnungsgröße und dem Gebäudebaujahr konnten zwei sehr ungünstige Alternativen zum Konzept KWK-Inno.Net Krefeld festgestellt werden: Für Wohnungsgrößen ab 80 m² und einem Gebäudebaujahr bis 1978 sowie für Wohnung größer 120m² und einem Gebäudebaujahr zwischen 1979 und 1986 sind Erdwärmepumpen in Kombination mit einem holzpelletbetriebenem Brennwertkessel die ungünstigste Alternative. Für alle anderen Wohnungsgrößen und Gebäudebaujahre stellen Erdwärmepumpen in Kombination mit erdgasbetriebenen Brennwertkesseln die ungünstigste Alternative dar (vgl. Abbildung 4 und Kapitel 6).

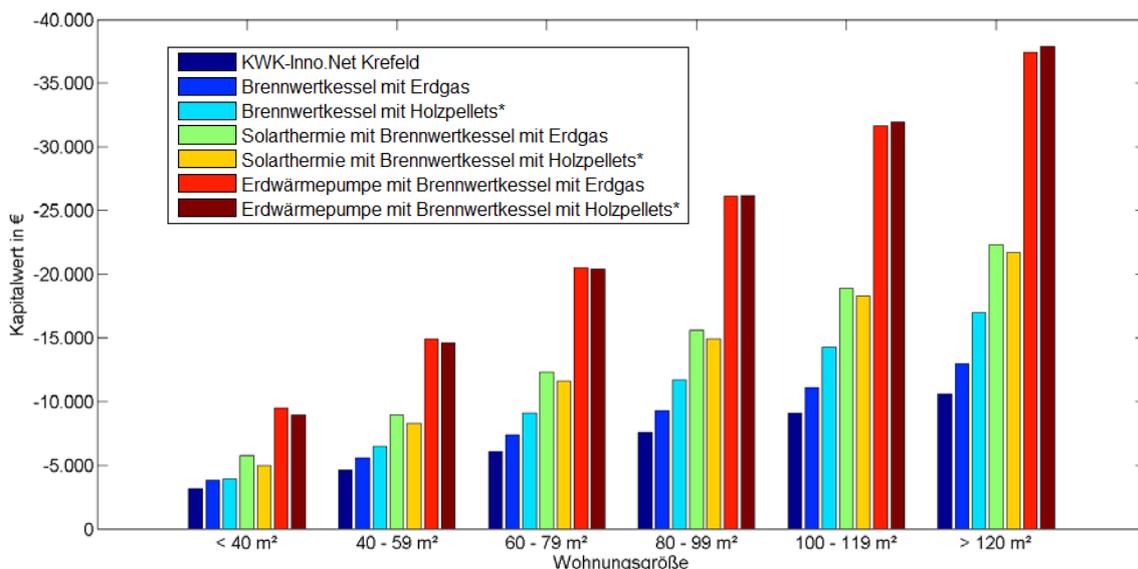


Abbildung 4: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1919, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

Zusätzlich zur Wärmeversorgung wird für die Mieterinnen mit dem Konzept KWK-Inno.Net Krefeld ein, im Vergleich zum Standardtarif, um 1 ct/kWh vergünstigter Stromtarif von der SWK angenommen.⁸ Die sich daraus ergebenden Einsparungen (vgl. Tabelle 6) sind abhängig von der Personenanzahl im Haushalt. Der günstigste Standardtarif „meinSWK DIREKT Strom“ stellt Strom für einen Arbeitspreis von 26,30 ct/kWh und einen Grundpreis von 8,23 €/Monat zur Verfügung (Stand: November 2017). Abhängig von der Vertragslaufzeit und der gewünschten Preisgarantie können sich diese Preise jedoch ändern. Da Strom aber prinzipiell auch von anderen Anbietern zu ggf. niedrigeren Tarifen bezogen werden könnte, können diese eventuellen Kostenvorteile nicht in den Kosten der Wärmeversorgung berücksichtigt werden.

Tabelle 6: Durchschnittliche Stromverbräuche je Haushaltsgröße und Einsparung der Stromkosten durch den vergünstigten Stromtarif des KWK-Inno.Net Krefeld im Vergleich zum Tarif meinSWK DIREKT Strom

1-Personen Haushalte	2-Personen Haushalte	3-Personen Haushalte	4-Personen Haushalte	5- Personen Haushalte	6- und mehr-Personen Haushalte
1.798 kWh/a	2.850 kWh/a	3.733 kWh/a	4.480 kWh/a	5.311 kWh/a	5.816 kWh/a
161,34 €	255,74 €	334,97 €	402,00 €	476,57 €	521,88 €
Quelle der Stromverbräuche: (Energieagentur NRW 2011), Quelle der Strompreise der SWK: (SWK AG 2017)					

Die Tabellen und Diagramme der Kapitalwerte aller alternativen Heizungsanlagen aus Sicht der Mieterin befinden sich in den Kapiteln 6.2 und in 6.3.

⁸ Ob dieser Preis dem tatsächlichen Preis der SWK entsprechen wird, konnte zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht abschließend geklärt werden.

3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus Sicht der Eigentümergeinschaft

Laut dem Wohnungseigentumsgesetz ist eine Eigentümergeinschaft definiert als Gemeinschaft mit Miteigentumsanteilen auf einem gemeinschaftlichen Grundstück. Eigentümergeinschaften können ab einer Größe von 2 Eigentümerinnen gebildet werden (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2014). Hierbei können die Eigentümerinnen die Wohnungen vermieten oder selbst nutzen. Aufgrund der Vielzahl von Eigentümergeinschaften sind jegliche Konstellationen denkbar. Bei Investitionsentscheidungen kann es dabei zu divergierenden Interessen kommen, da bei Selbstnutzung keine Umlage auf Mieterinnen möglich ist.

Der Beschluss über eine modernisierende Instandhaltung erfolgt in jeder Eigentümergeinschaft in Abhängigkeit der bestehenden Satzung. So ist es möglich, dass Beschlüsse mehrheitlich (pro Kopf oder nach m² des Eigentumsanteils) oder einstimmig erfolgen können (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2014). Bei der folgenden Betrachtung wird die Wirtschaftlichkeit einer Investition vereinfachend summarisch für die Gemeinschaft betrachtet. Einzelne Miteigentümerinnen können dabei unter Umständen wirtschaftlich etwas schlechter abschneiden als bei alternativen Investitionsentscheidungen.

Keine Besonderheiten ergeben sich, wenn die Eigentümerinnen bei vollständiger Vermietung aller Wohnungen im Besitz der Eigentümergeinschaft als Vermieterin agieren, so dass ein Vermieterin-Mieterin-Verhältnis besteht (vgl. Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel 3.1 und 3.2). Der Unterschied zu den Ergebnissen der Kapitel 3.1 und 3.2 besteht bei zwei Konstellationen der Wohnungsnutzung:

- Zum einen können die Eigentümerinnen der Eigentümergeinschaft alle ihre Wohnungen selbst nutzen. Auf Basis der Berechnungen für Mieterinnen und Vermieterinnen nimmt die Eigentümerin im Sinne der Kapitalwertberechnungen die Position einer Mieterin und gleichzeitig einer Vermieterin ein.
- Zum anderen können einzelne Eigentümerinnen der Eigentümergeinschaft ihre Wohnungen an Dritte vermieten, während andere Eigentümerinnen ihre Wohnungen selbst nutzen. In Hinblick auf die Eigentümergeinschaft als Ganzes ergeben sich somit Sonderfälle für die Berechnung der Kapitalwerte,

da ein Teil der Eigentümergemeinschaft als Vermieterin agiert, während der andere Teil im Sinne der Kapitalwertberechnungen die Position einer Mieterin und gleichzeitig einer Vermieterin einnimmt.

Speziell bei Eigentümergemeinschaften können daher verschiedene Kombinationen der Wohnungsnutzung untersucht werden, um den Kippunkt zu finden, an welchem das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld nicht mehr für alle beteiligten Parteien (Eigentümerin mit Selbstnutzung der Wohnung, Eigentümerin als Vermieterin und externe Mieterin) von Vorteil ist. Aus diesem Grund sollten Eigentümergemeinschaften ergänzend untersucht werden.

Eine mögliche Konstellation im Rahmen von Eigentümergemeinschaften besteht aus einer Mischung von vermieteten Wohnungen und Wohnungen zur Eigennutzung durch die Eigentümerin. Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse gelten für die gesamte Eigentümergemeinschaft, die exemplarisch aus sechs Parteien⁹ besteht, in welcher unterschiedliche Anzahlen an Wohnungen selbst genutzt werden, während die übrigen Wohnungen vermietet werden. Folgende Annahmen wurden für die Eigentümergemeinschaft getroffen: Es gibt sechs unterschiedliche Eigentümerinnen der Eigentümergemeinschaft, die jeweils eine Wohnung à 79,4 m²¹⁰ besitzen. Die vorstellten Ergebnisse umfassen die folgenden Konstellationen:

1. Alle Eigentümerinnen nutzen ihre Wohnung selbst;
2. zwei Eigentümerinnen nutzen ihre Wohnung selbst und die restlichen vier Wohnungen werden vermietet;
3. eine Eigentümerin nutzt ihre Wohnung selbst und die restlichen fünf Wohnungen werden vermietet;
4. alle Eigentümerinnen vermieten ihre Wohnung.

Die Ergebnisse aus dem Feinkonzept (Bruchmann, Rubin und Renner 2014) zeigen auf, dass sich in zwei Fällen die Wärmeversorgung über das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld für die Vermieterin als günstigste Alternative, jedoch für die Mieterin als

⁹ Nach einer gängigen Klassifikation (Kempe 2014) unterscheidet man kleine Mehrfamilienhäuser mit bis zu 6 Wohnungen (bis zu 6 Eigentümerinnen), und große Mehrfamilienhäuser mit mehr als 6 Wohnungen. Das betrachtete Beispiel liegt also genau auf der Grenze.

¹⁰ Entspricht der durchschnittlichen Wohnungsgröße in Krefeld in 2012 (Der Oberbürgermeister der Stadt Krefeld 2012)

weniger günstige Alternative herausstellten. Im Fall von Gebäuden mit einem Baujahr zwischen 1949 bis 1978 bzw. zwischen 1979 bis 1986 und Wohnungsgrößen unter 40 m² waren mit Holzpellets betriebene Brennwertkessel für die Mieterin um 622€ bzw. 13€ günstiger als das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld.

Bei der Übertragung der im Feinkonzept (Bruchmann, Rubin und Renner 2014) durchgeführten Berechnungen in das Programm MATLAB® wurde festgestellt, dass kleinere Berechnungsfehler fälschlicherweise zu den oben genannten Ergebnissen geführt hatten. Nach der korrigierten Berechnung, für die auch aktualisierte Preise für Strom, Gas etc. verwendet wurden, stellt das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld immer die günstigste Alternative für Vermieterinnen und Mieterinnen dar (siehe Kapitel 3.1 und 3.2).

Berechnung für Eigentümergemeinschaften mit Selbstnutzung der Wohnungen

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit für Eigentümergemeinschaften mit Selbstnutzung gilt folgendes:

- Die Investition wird von der Eigentümerin anteilig selbst gezahlt;
- eine Umlage der Investition ist nicht möglich, da es keine Mieter gibt;
- die Wartungskosten werden auf alle Eigentümerinnen umgelegt.

Da die Wohnung als nicht vermietet zu bewerten ist, kann bei den Berechnungen keine anteilige Umlage der Investition auf die Kaltmiete berücksichtigt werden. Andererseits kann die Umlage für entstehende Wartungskosten der entsprechenden Heizungsanlagen berücksichtigt werden, da diese in jedem Fall anfallen.

Für die Berechnung der maximal möglichen jährlichen Umlage der Wartungskosten je m² gilt:

$$\text{Umlage der Wartungskosten} = \frac{\text{Wartungskosten}}{\text{Wohnfläche des Gebäudes}} \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2 * a} \right]$$

Für die Berechnung der Umlage der Wartungskosten für die einzelne Eigentümerin wird die Umlage mit der Wohnungsgröße multipliziert.

Berechnung für Eigentümergemeinschaften mit Vermietung der Wohnungen

Für den Fall, dass die Eigentumswohnung vermietet wird, entspricht die Wirtschaftlichkeitsberechnung der einer Vermieterin (vgl. Kapitel 3.1).

Je nach analysierter Konstellation in der Wohnungsnutzung (s.o.; Konstellationen 1 bis 4) wurden, um die entsprechende Wirtschaftlichkeit für die gesamte Eigentümergemeinschaft zu ermitteln, die Kapitalwerte der einzelnen Eigentümerinnen, mit Wohnungen in Vermietung und mit Wohnungen in Eigennutzung, separat berechnet. Um den Kapitalwert der gesamten Eigentümergemeinschaft zu ermitteln, werden die berechneten Kapitalwerte der verschiedenen Nutzergruppen (Eigentümerin mit Selbstnutzung der Wohnung und Eigentümerin als Vermieterin) addiert:

Kapitalwert Eigentümergemeinschaft

$$= x * \text{Kapitalwert der Eigentümerin mit Selbstnutzung der Wohnung} \\ + y * \text{Kapitalwert der Eigentümerin als Vermieterin der Wohnung}$$

Hierbei entspricht x der Anzahl der Wohnungen innerhalb der Eigentümergemeinschaft, die durch die Eigentümerinnen selbst genutzt werden und y der Anzahl der Wohnungen innerhalb der Eigentümergemeinschaft, die an Dritte vermietet werden.

Abbildung 5 zeigt die Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Gasbrennwertkessel für Vermieterinnen (blau), Mieterinnen (grün) und für Eigentümergemeinschaften (rot), die ihre Wohnung selbst nutzen. Der Kapitalwert für die Eigentümergemeinschaft ist geringer als bei den Mieterinnen. Dies liegt daran, dass die Vermieterin ihre Investition und ihre Wartungskosten auf die Mieterin umlegen kann. Die Eigentümerin, die ihre Wohnung selbst nutzt, kann jedoch sinnvoll nur die Wartungskosten auf sich selbst (entsprechend der Wohnungsgröße in m^2) umlegen, da die Investition sowieso von ihr selbst getätigt wurde. Die Kapitalwerte der Vermieterinnen sind im Vergleich wegen der zuvor genannten Umlagemöglichkeiten sehr gering. Diese Anlagen-Restwerte entstehen durch die Differenz der Abschreibungsdauer der Anlage bzw. Anlagenteile

(beispielsweise 15 Jahre für Brennwertkessel) und der Betrachtungszeitdauer von 10 Jahren für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

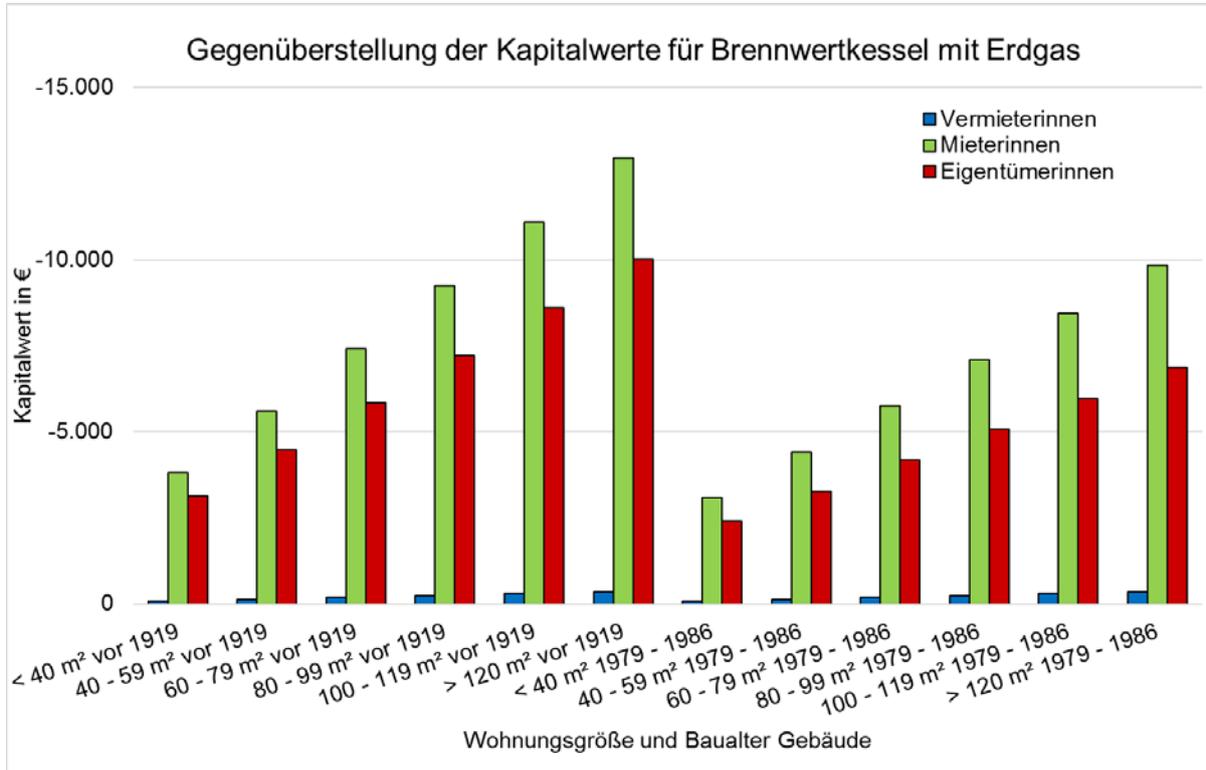


Abbildung 5: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergeinschaften für Brennwertkessel mit Erdgas

Abbildung 6 zeigt eine Gegenüberstellung der Kapitalwerte für das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld für die Vermieterinnen, die Mieterinnen und für die Eigentümerinnen mit Eigennutzung der Wohnung. Wie bereits in Kapitel 3.1 verdeutlicht wurde, ergibt sich für Vermieterinnen für das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld ein Kapitalwert von 0 €, da die Investition nicht von der Vermieterin, sondern vom Contracting-Partner übernommen wird. Hier gilt ebenso wie für andere Heizungsanlagen, dass die Modernisierungsmaßnahme den Marktwert der Immobilie steigert. Da die Investition und Wartung der KWK-Anlage von dem Contracting-Partner (in diesem Fall die Stadtwerke Krefeld AG) übernommen werden, gibt es keine Möglichkeit und auch keine Notwendigkeit zur Umlage von Kosten in Höhe von 0 €.

Die Ergebnisse für die anderen untersuchten Heizungsanlagen befinden sich im Anhang.

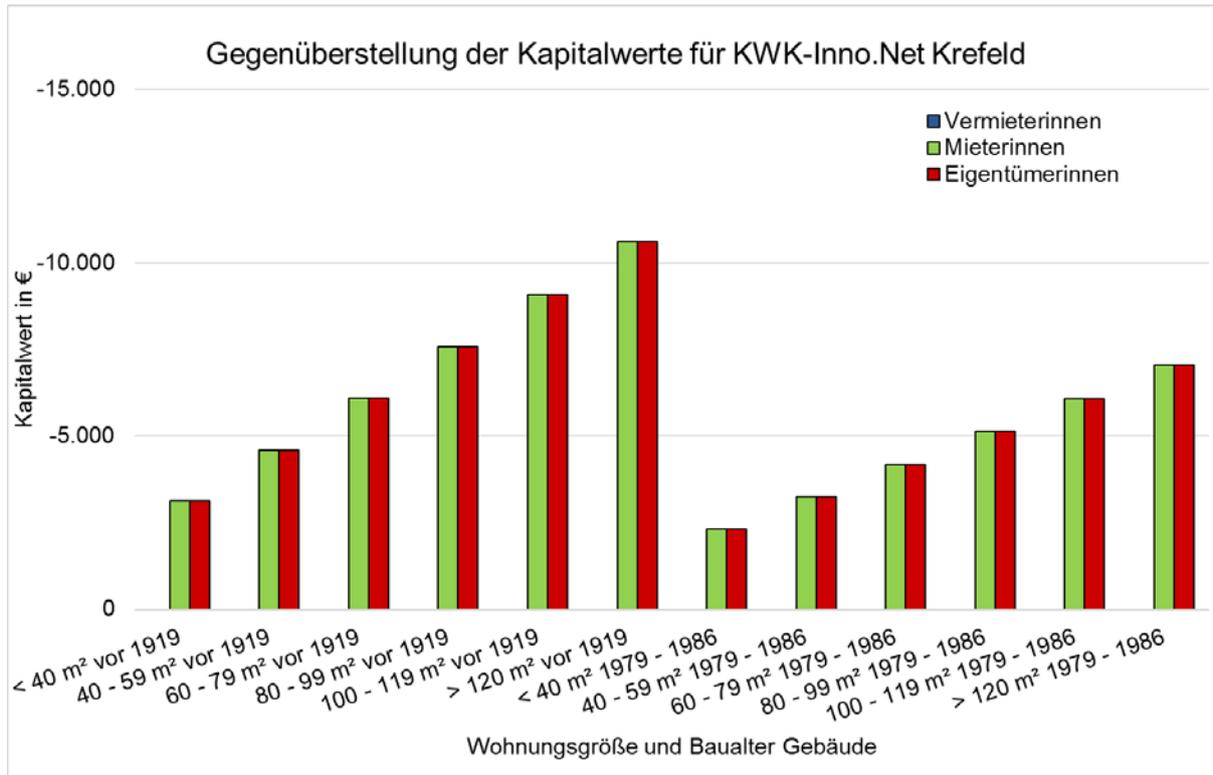


Abbildung 6: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld

Die Abbildungen 7 bis 10 zeigen das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung für Eigentümergemeinschaften bei unterschiedlichen Konstellationen der Vermietung bzw. Selbstnutzung.

Bei der Auswertung der unterschiedlichen Vermietungsoptionen innerhalb einer Eigentümergemeinschaft konnte für das Beispiel (sechs Eigentümerinnen in einer Eigentümergemeinschaft mit jeweils einer Wohnung in Besitz; alle Wohnungen sind 79,4 m² groß) festgestellt werden, dass sich das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld für Eigentümergemeinschaften nur dann lohnt, wenn die Mehrheit der Wohnungen an Dritte vermietet wird (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10).

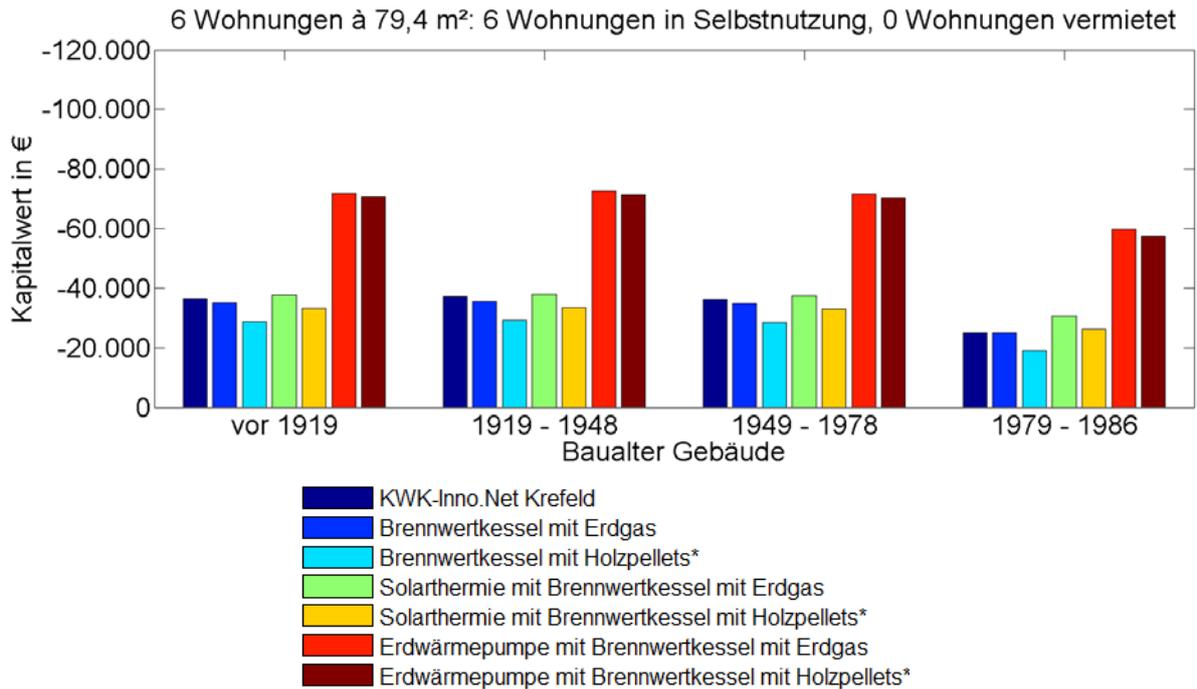


Abbildung 7: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 1, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

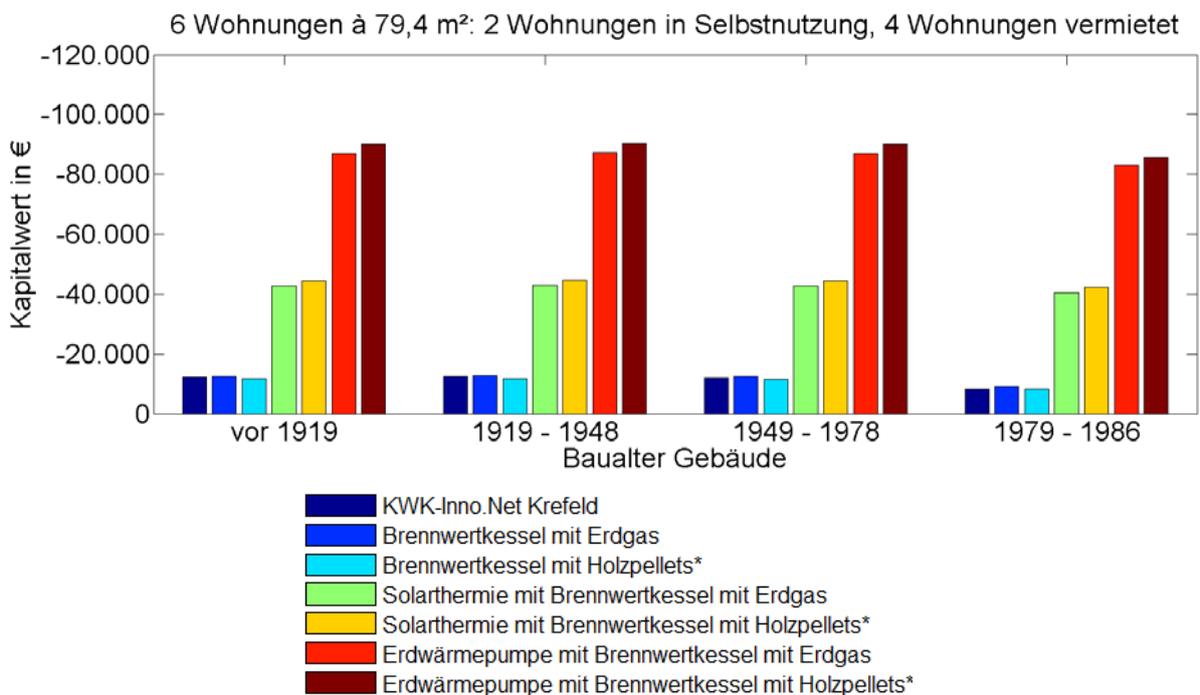


Abbildung 8: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 2, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

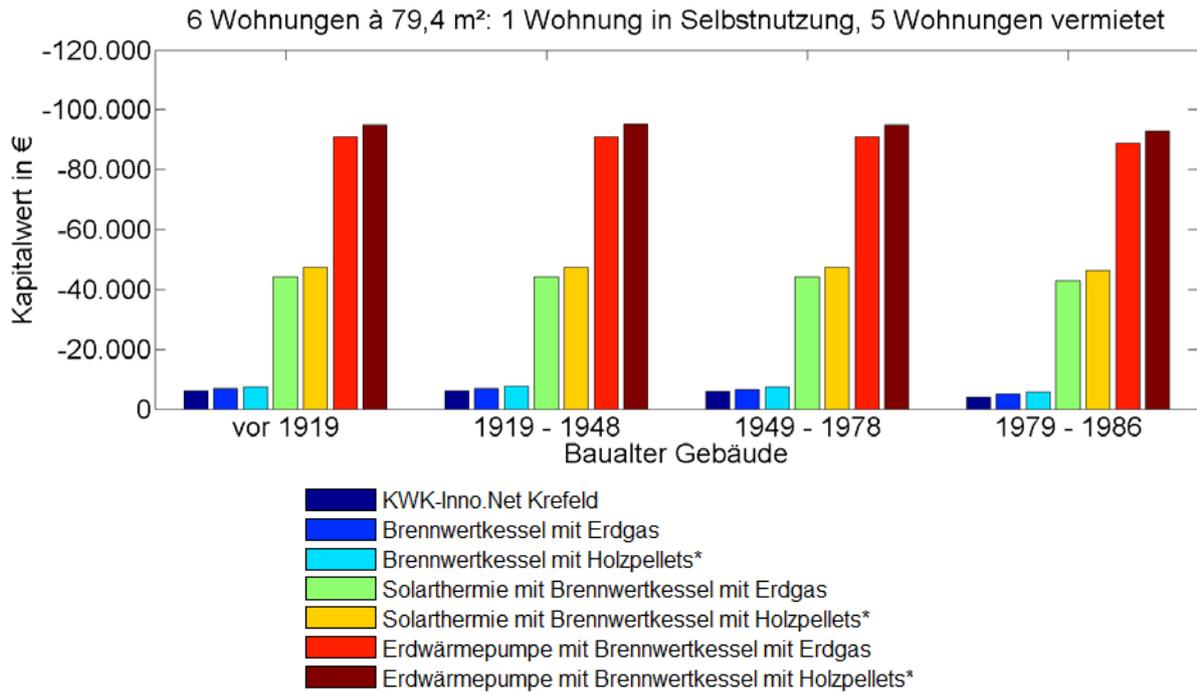


Abbildung 9: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 3, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

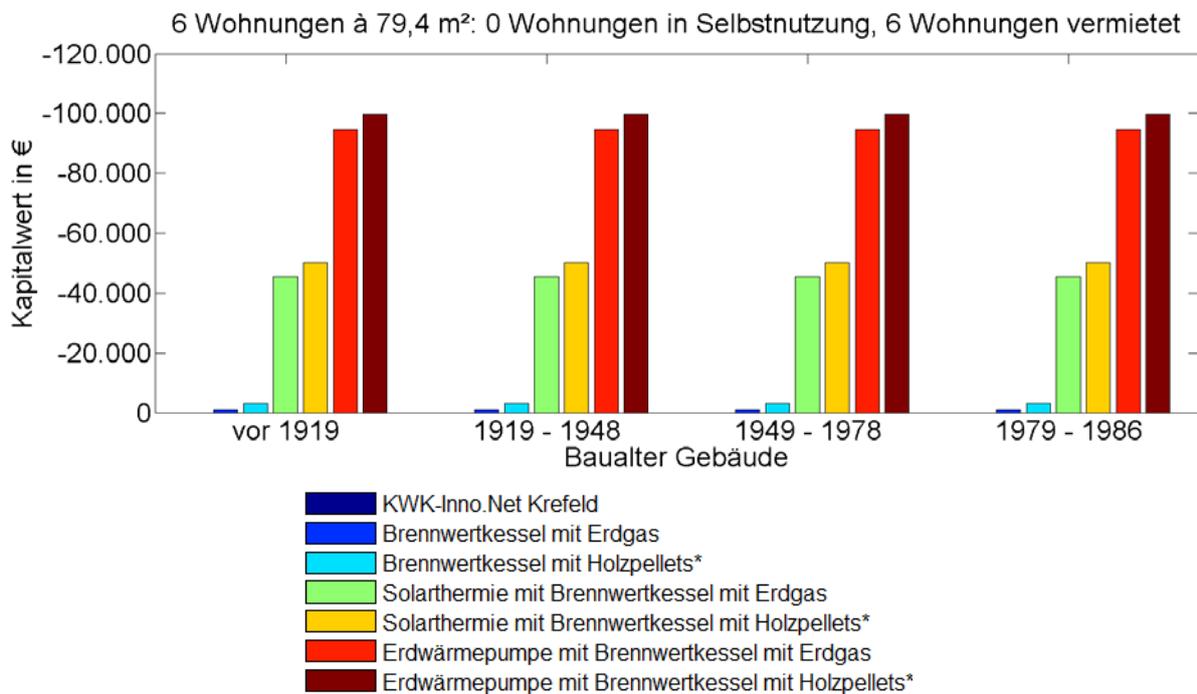


Abbildung 10: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Summe aller Eigentümerinnen für Konstellation 4, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Eigentümergemeinschaft zeigen, dass sich das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld nur für Selbstnutzer der Wohnungen lohnt, sofern mindestens vier der sechs Wohnungen an Dritte vermietet werden (vgl. Abbildung 8; für Konstellation 2 nur für Gebäudebaujahre zwischen 1979 und 1986). Das bedeutet umgekehrt, dass sich das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld für die Konstellationen 1 und 2 (bis Baujahr 1978) nicht für die Selbstnutzerinnen der Wohnungen lohnt. Jedoch muss dabei berücksichtigt werden, dass der Marktwert der Immobilie durch die Installation einer Anlage mit dem Konzept KWK-Inno.Net Krefeld steigt.

Zudem ist es im Falle der reinen Selbstnutzung durch die Eigentümerinnen günstiger, anstelle des Konzeptes der KWK-Inno.Net Krefeld einen Brennwertkessel mit Holzpelletfeuerung zu installieren (Konstellation 1; vgl. Abbildung 7). Dasselbe Ergebnis gilt für Konstellation 2 (bis Baujahr 1978), in welcher 2 Wohnungen durch die Eigentümerinnen selbst genutzt und die restlichen 4 Wohnungen an Dritte vermietet werden (Abbildung 8). Hierbei muss man berücksichtigen, dass bei den Heizungsanlagen mit Holzpellets die Kosten für das notwendige Holzpelletlager in den Berechnungen nicht berücksichtigt wurden. Aufgrund der gebäudespezifischen Gegebenheiten, der benötigten Größe des Lagers und der Art der gewünschten Holzpelletzuführung kann keine pauschalisierte Investitionshöhe festgelegt werden.

Durch die Modernisierungsmaßnahme der Heizungsanlage der Eigentümergemeinschaft (unabhängig von der Art der installierten Heizungsanlage) steigt der Marktwert der Immobilie. Für die Eigentümerinnen, die ihre Eigentumswohnungen an Dritte vermieten, stellt die Umlage ihrer Investition auf die Miete einen Gewinn dar bzw. kann die Umlage je nach Heizungsanlage zur Amortisation der Investition beitragen. Wird die Wohnung jedoch von der Eigentümerin selbst genutzt, kann die Investition nicht auf die Miete umgelegt werden, da keine Mieteinnahmen generiert werden können.

4 Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen führen aus Sicht der Vermieterinnen und der Mieterinnen zu dem Ergebnis, dass sich das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld für alle untersuchten Wohnungsgrößen und Gebäudebaujahre lohnt und somit die geringsten Kosten verursacht.

Da durch das vorgestellte Konzept auf der Vermieterinnen-Seite keine Kosten für die Investition und Wartung anfallen, lohnt sich die Umrüstung auf die KWK-Inno.Net Krefeld für beide Seiten.

Der Einsatz von Brennwertkesseln, die wahlweise mit Erdgas oder Holzpellets befeuert werden, führt im Vergleich zum Konzept KWK-Inno.Net Krefeld zu höheren Kosten für Vermieterinnen und Mieterinnen. Durch die höhere Investition für die zusätzliche Nutzung von Solarthermieranlagen oder Wärmepumpen werden erheblich höhere Kosten für die Immobilieneigentümerin erzeugt.

Für die Eigentümergemeinschaften hängt die Wirtschaftlichkeit stark davon ab, wieviele Wohnungen an Dritte vermietet und wieviele durch die Eigentümerinnen selbst genutzt werden. Zusätzliche Einflussfaktoren sind unterschiedlich große Wohnungen innerhalb der Eigentümergemeinschaft und die Anzahl der Wohnungen im Eigentum einer einzelnen Eigentümerin.

In den vorgestellten Beispielberechnungen für eine mittlere Wohnungsgröße von 79,4 m² konnte festgestellt werden, dass bei vollständiger Selbstnutzung aller Wohnungen und bei der Vermietung von bis zu zwei Dritteln der Wohnungen (4 Wohnungen vermietet, 2 Wohnungen in Selbstnutzung) ein Brennwertkessel mit Holzpelletfeuerung die günstigere Alternative im Vergleich zum Konzept KWK-Inno.Net Krefeld ist. Bei einem größeren Anteil vermieteter Wohnungen ist das Konzept KWK-Inno.Net Krefeld jeweils die günstigste Alternative. Für diese Bewertung wurde die Wirtschaftlichkeit einer Investition vereinfachend summarisch für die Gemeinschaft betrachtet. Einzelne Miteigentümerinnen können unter Umständen wirtschaftlich etwas schlechter abschneiden als bei alternativen Investitionsentscheidungen.

Darum und weil die Ergebnisse für Eigentümergemeinschaften abhängig von der Anzahl der vermieteten und selbstgenutzten Wohnungen variieren, sollte bei Interesse der Eigentümergemeinschaft an dem Konzept KWK-Inno.Net Krefeld im Detail geprüft werden, ob andere Heizungsanlagen im Vergleich nicht wirtschaftlicher sind.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen des Konzeptes KWK-Inno.Net Krefeld für interessierte Kommunen bietet das SWK E² - Institut für Energietechnik und Energiemanagement der Hochschule Niederrhein an, die Berechnungen im Auftrag durchzuführen.

Für die Anpassung der aktuellen Leistungspreise wird hierzu ein Excel-Formular auf der Projektwebseite (<http://www.kwk-innonet.de>) zur Verfügung gestellt, in das die entsprechenden Werte für die unterschiedlichen Wirtschaftlichkeitsberechnungen eingetragen werden können. Dazu zählen beispielsweise der mittlere Strombedarf je Haushalt in kWh / Jahr (gestaffelt nach Anzahl der Personen im Haushalt und unterschieden, ob mit oder ohne Warmwasseraufbereitung), aktuelle Preise für Holzpellets, Strom und Gas (z.B. Grund- und Leistungspreise, Boni etc.) sowie die Investitionskosten für die Installation der unterschiedlichen Heizanlagen.

5 Literaturverzeichnis

BHKW-Infozentrum GbR. *Abgeschrieben wird nun anders – Änderung bei der AfA für Blockheizkraftwerke.* 13. August 2015. <https://www.bhkw-infozentrum.de/statement/abgeschrieben-wird-nun-anders-aenderung-bei-afa-fuer-bhkw.html> (Zugriff am 11. August 2016).

Bruchmann, Janine, Sebastian Rubin, und Gisela Renner. „Wirtschaftlich orientierte Betriebsführung von dezentralen Mini-BHKW in einem virtuellen Kraftwerk - KWK-Inno.Net Krefeld.“ Feinkonzept der Stadt Krefeld zum Projektauftrag „KWK Modellkommune 2012 bis 2017“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 2014.

Bundesfinanzministerium. „Bundesfinanzministerium - AfA-Tabellen.“ *Bundesministerium der Finanzen.* 15. Dezember 2000. http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Zugriff am 22. Juli 2016).

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. „§ 555a Erhaltungsmaßnahmen.“ *Bürgerliches Gesetzbuch.* Berlin: Deutscher Taschenbuchverlag, 04. August 2016.

—. „§ 559 Mieterhöhung nach Modernisierungsmaßnahmen.“ *Bürgerliches Gesetzbuch.* Berlin: Deutscher Taschenbuchverlag, 04. August 2016.

—. „Gesetz über das Wohnungseigentum und das Dauerwohnrecht.“ *Wohnungseigentumsgesetz.* Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 05. Dezember 2014.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. *Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteile, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012.* BMVBS-Online-Publikation 08/2012. BMVBS, Juni 2012.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. „Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt.“ 11. März 2015. http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/P-R/richtlinien-zur-foerderung-von-ma_C3_9Fnahmen-zur-nutzung-erneuerbarer-energien-im-waermemarkt,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf (Zugriff am 22. Juli 2016).

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *Effizient, wirtschaftlich, ökologisch: Energie-Contracting*. Berlin, November 2010.

Der Oberbürgermeister der Stadt Krefeld. „Statistisches Jahrbuch 2012 der Stadt Krefeld.“ Krefeld, 2012.

Deutsches Pelletinstitut GmbH. „Brennstoffkosten-Deutschland.jpg.“ *Deutsches Pelletinstitut, Berlin - Infothek - Grafiken*. Oktober 2017. <http://www.depi.de/media/filebase/files/infothek/images/Brennstoffkosten-Deutschland.jpg> (Zugriff am 08. November 2017).

—. „DEPI_Jahresdurchschnittspreise_Pellet.jpg.“ *Deutsches Pelletinstitut, Berlin - Infothek - Grafiken*. Juli 2016. http://depi.de/media/filebase/files/infothek/images/DEPI_Jahresdurchschnittspreise_Pellet.jpg (Zugriff am 27. Juli 2016).

Eikmeier, Bernd, Marian Klobasa, Felipe Toro, und Gerald Menzler. *Potenzialerhebung von Kraft-Wärme-Kopplung in Nordrhein-Westfalen*. Bremen: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011.

Energieagentur NRW. *Erhebung: "Wo im Haushalt bleibt der Strom?"*. Herausgeber: Energieagentur NRW. Mai 2011. https://energiertools.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/erhebung_wo_bleibt_der_strom.pdf.

FMH-Finanzberatung. *Detail-Chart - Detaillierte Darstellung von Zinsverläufen bis zu 20 oder 30 Jahre*. 2017. <http://fmh-index.fmh-rechner.de/fmh-index/zinsentwicklung/detailversion/> (Zugriff am 08. November 2017).

Heizpellet24.de. *Pellets Preisrechner*. November 2017. <https://www.heizpellets24.de/> (Zugriff am 08. November 2017).

- Hundt, Dennis. *Mieterhöhung nach § 559 BGB: Modernisierung*. 2017. <http://www.mietrecht.org/mieterhoehung/mieterhoehung-559-bgb/> (Zugriff am 25. Januar 2017).
- Kempe, Stephan. *Räumlich detaillierte Potenzialanalyse der Fernwärmeversorgung in Deutschland mit einem hoch aufgelösten Energiesystemmodell*. Dissertation, Stuttgart: Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 2014.
- Paschotta, Rüdiger. *RP-Energie-Lexikon*. 15. Juni 2015. <https://www.energielexikon.info/stromtarif.html> (Zugriff am 16. Dezember 2016).
- Smolka, Thomas Markus. *Ökologisch-technische Auswirkungen dezentraler Energieversorgungsszenarien mit Blockheizkraftwerken in elektrischen Verteilungsnetzen*. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2008.
- SWK AG. „meinSWK DIREKT Strom.“ 1. Januar 2017. <https://www.swk.de/privatkunden/energie/strom/strom-fuer-krefeld/mein-swk-direkt-strom.html> (Zugriff am 10. November 2017).
- The MathWorks, Inc. *MATLAB (R)*. Natick, USA: The MathWorks, Inc., 2016.
- VdZ - Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V. „Info 4 - Brennwerttechnik und Solarthermie - Ideales Team für die Wärmeversorgung.“ *Intelligent Heizen*. März 2015. http://www.intelligent-heizen.info/infomaterial/Info%204_Brennwert_Solartechnik.pdf (Zugriff am 15. September 2016).
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. „VDI Richtlinie 2067 - Blatt 1- Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung.“ 2012.

6 Anhang

6.1 Übersicht der Leistungs- und Grundpreise je Energieträger und Versorger

Anbieter	Endener- gieform	Energie- träger 1	Energie- träger 2	Heizungsart	Leistungspreis Energieträger 1 [€/kWh]	Grundpreis Energie- träger 1 [€/a]	Boni Energie- träger 1 [€/a]	Leistungspreis Energieträger 2 [€/kWh]	Grundpreis Energie- träger 2 [€/a]	Boni Energie- träger 2 [€/a]
SWK	Wärme	Erdgas		BHKW (KWK-Inno.Net Krefeld)	0,0549	100	0	0	0	0
Fremdanbieter 1	Wärme	Erdgas		Brennwertkessel	0,0482	119,40	70	0	0	0
Fremdanbieter 2	Wärme	Pellets		Brennwertkessel	0,0473	0	0	0	0	0
Fremdanbieter 3	Wärme	Sonne	Erdgas	Solarthermie mit Brennwertkessel	0	0	0	0,0482	119,40	70
Fremdanbieter 4	Wärme	Sonne	Holzpellets	Solarthermie mit Brennwertkessel	0	0	0	0,0473	0	0
Fremdanbieter 5	Wärme	Strom	Erdgas	Erdwärmepumpe mit Brennwertkessel	0,0806	133,70	140	0,0482	119,40	70

6.2 Ergebnistabellen der Kapitalwertmethode aus Sicht der Mieterinnen

In den folgenden Tabellen sind die Kapitalwerte der verschiedenen Heizungsanlagen aus Sicht der Mieterinnen in Wohngebäuden mit den Baujahren für die verschiedenen Wohnungsgrößen

- vor 1919 (Tabelle 5)
 - zwischen 1919 - 1948 (Tabelle 6)
 - zwischen 1949 - 1978 (Tabelle 7)
 - zwischen 1979 - 1986 (Tabelle 8)
- < 40 m²
 - 40 - 59 m²
 - 60 - 79 m²
 - 80 - 99 m²
 - 100 - 119 m²
 - > 120 m²

zusammengefasst.

Tabelle 7: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr vor 1919

Wohnungsgröße	KWK-Inno.Net Krefeld	Brennwertkessel (Erdgas)	Brennwertkessel (Holzpellets)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)
< 40 m ²	-3.136 €	-3.810 €	-3.919 €	-5.727 €	-5.007 €	-9.484 €	-8.942 €
40 bis 59 m ²	-4.594 €	-5.593 €	-6.466 €	-8.965 €	-8.261 €	-14.931 €	-14.582 €
60 bis 79 m ²	-6.090 €	-7.422 €	-9.079 €	-12.285 €	-11.599 €	-20.517 €	-20.367 €
80 bis 99 m ²	-7.585 €	-9.251 €	-11.692 €	-15.606 €	-14.936 €	-26.103 €	-26.152 €
100 bis 119 m ²	-9.080 €	-11.080 €	-14.305 €	-18.926 €	-18.274 €	-31.689 €	-31.937 €
> 120 m ²	-10.613 €	-12.954 €	-16.983 €	-22.330 €	-21.695 €	-37.415 €	-37.867 €

Tabelle 8: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1919 und 1948

Wohnungsgröße	KWK-Inno.Net Krefeld	Brennwertkessel (Erdgas)	Brennwertkessel (Holzpellets)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)
< 40 m ²	-3.175 €	-3.844 €	-3.952 €	-5.751 €	-5.030 €	-9.525 €	-8.987 €
40 bis 59 m ²	-4.658 €	-5.649 €	-6.521 €	-9.004 €	-8.299 €	-14.997 €	-14.656 €
60 bis 79 m ²	-6.178 €	-7.500 €	-9.156 €	-12.340 €	-11.652 €	-20.610 €	-20.470 €
80 bis 99 m ²	-7.699 €	-9.351 €	-11.790 €	-15.676 €	-15.005 €	-26.223 €	-26.285 €
100 bis 119 m ²	-9.220 €	-11.202 €	-14.425 €	-19.012 €	-18.358 €	-31.836 €	-32.100 €
> 120 m ²	-10.779 €	-13.100 €	-17.126 €	-22.431 €	-21.795 €	-37.589 €	-38.060 €

Tabelle 9: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1949 und 1978

Wohnungsgröße	KWK-Inno.Net Krefeld	Brennwertkessel (Erdgas)	Brennwertkessel (Holzpellets)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)
< 40 m ²	-3.117 €	-3.793 €	-3.902 €	-5.715 €	-4.995 €	-9.464 €	-8.919 €
40 bis 59 m ²	-4.562 €	-5.565 €	-6.439 €	-8.945 €	-8.241 €	-14.897 €	-14.545 €
60 bis 79 m ²	-6.044 €	-7.382 €	-9.040 €	-12.257 €	-11.571 €	-20.469 €	-20.314 €
80 bis 99 m ²	-7.526 €	-9.200 €	-11.642 €	-15.570 €	-14.901 €	-26.041 €	-26.084 €
100 bis 119 m ²	-9.009 €	-11.017 €	-14.243 €	-18.882 €	-18.231 €	-31.613 €	-31.854 €
> 120 m ²	-10.528 €	-12.880 €	-16.909 €	-22.277 €	-21.644 €	-37.325 €	-37.768 €

Tabelle 10: Kapitalwerte aus Sicht der Mieterinnen in einem Wohngebäude mit einem Baujahr zwischen 1979 und 1986

Wohnungsgröße	KWK-Inno.Net Krefeld	Brennwertkessel (Erdgas)	Brennwertkessel (Holzpellets)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Erdgas)	Solarthermieanlage mit Brennwertkessel (Holzpellets)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Erdgas)	Wärmepumpe mit Brennwertkessel (Holzpellets)
< 40 m ²	-2.316 €	-3.089 €	-3.212 €	-5.223 €	-4.512 €	-8.618 €	-7.986 €
40 bis 59 m ²	-3.240 €	-4.404 €	-5.300 €	-8.132 €	-7.444 €	-13.502 €	-13.005 €
60 bis 79 m ²	-4.188 €	-5.753 €	-7.441 €	-11.117 €	-10.452 €	-18.511 €	-18.152 €
80 bis 99 m ²	-5.136 €	-7.101 €	-9.582 €	-14.101 €	-13.459 €	-23.520 €	-23.300 €
100 bis 119 m ²	-6.084 €	-8.449 €	-11.723 €	-17.085 €	-16.467 €	-28.528 €	-28.447 €
> 120 m ²	-7.056 €	-9.831 €	-13.918 €	-20.143 €	-19.550 €	-33.662 €	-33.723 €

6.3 Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Mieterinnen

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Kapitalwertmethode entsprechend der vorangegangenen Ergebnistabellen vorgestellt.

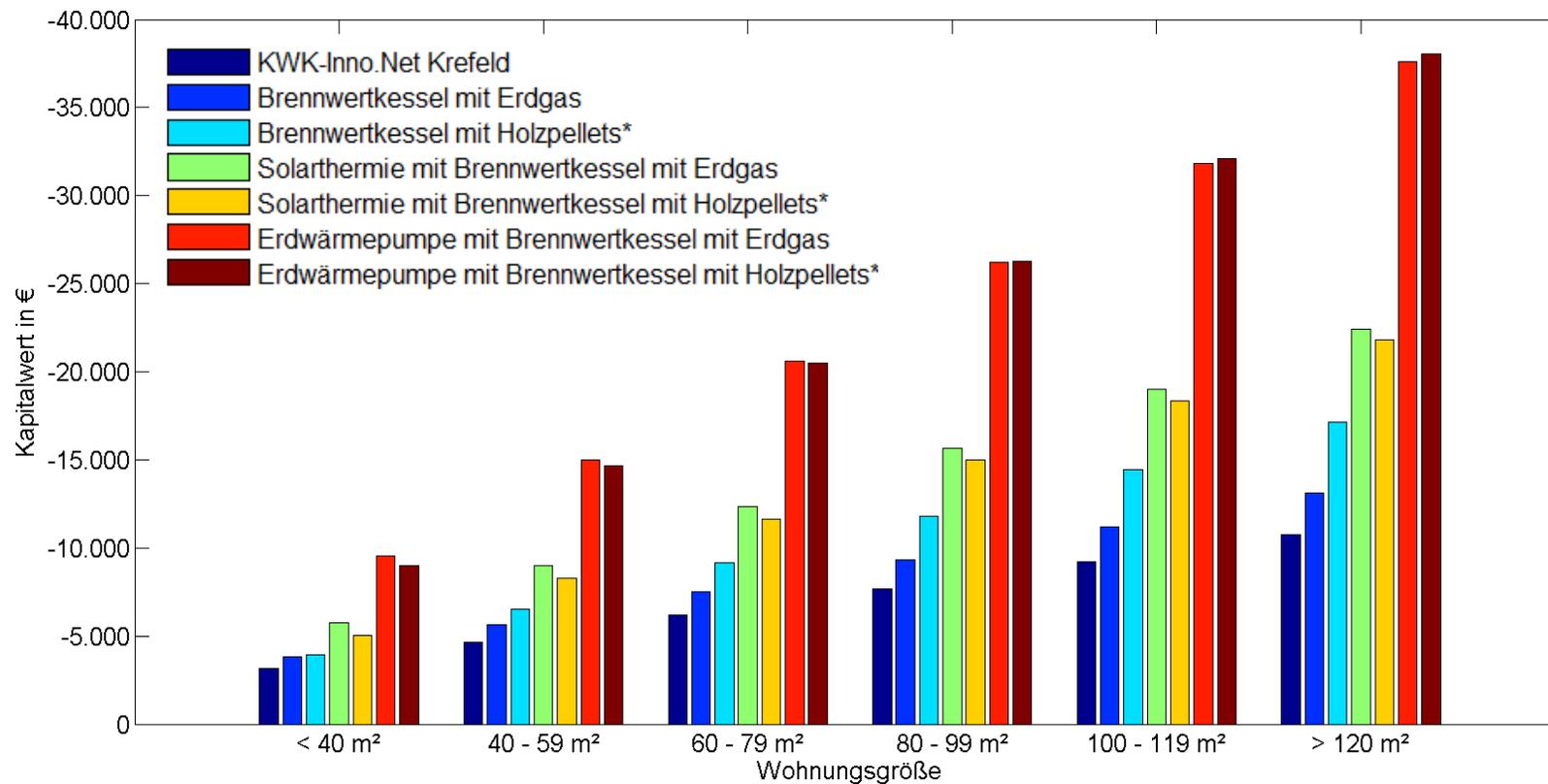


Abbildung 11: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter 1919 – 1948, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

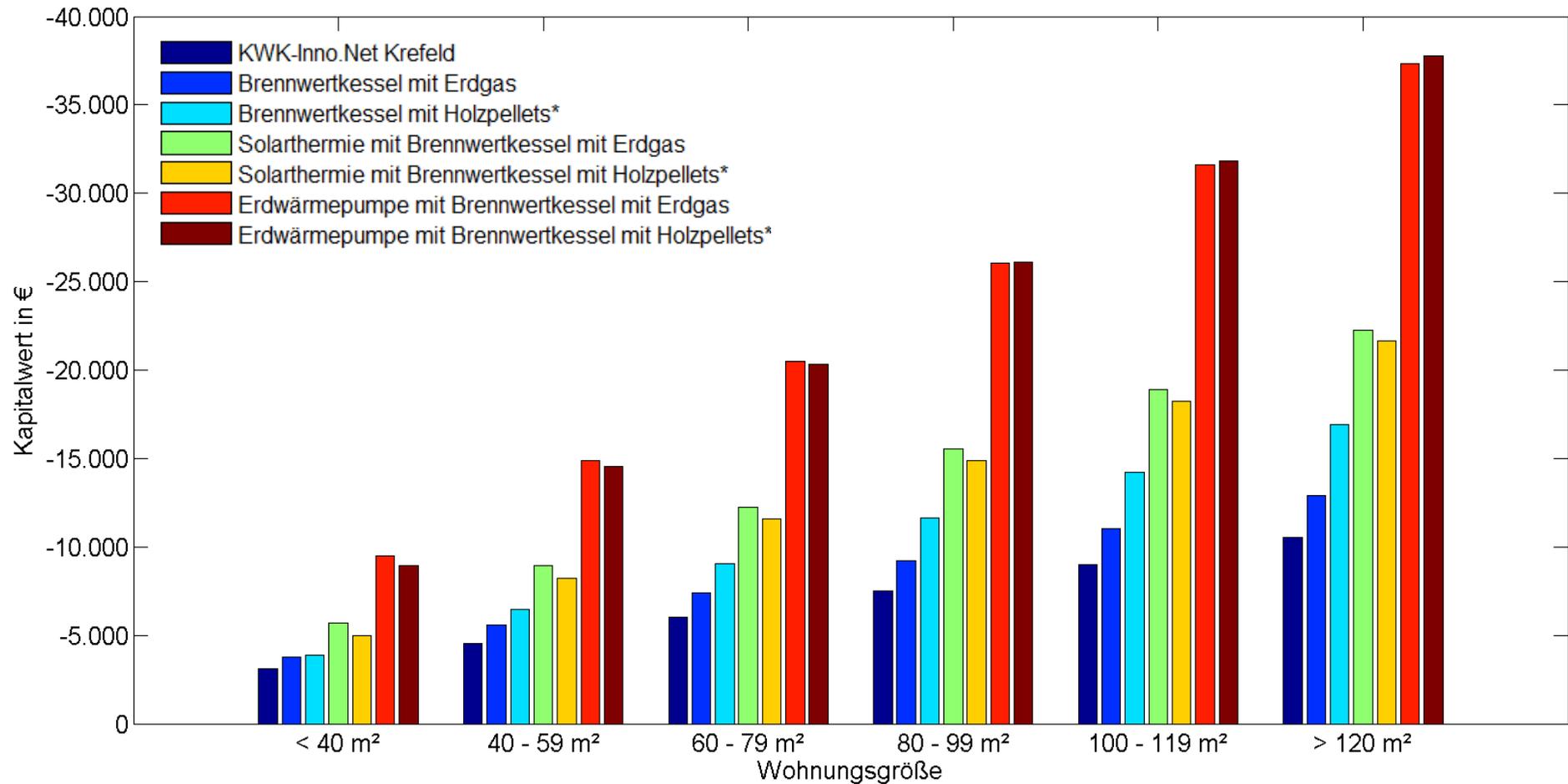


Abbildung 12: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1949 - 1978, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

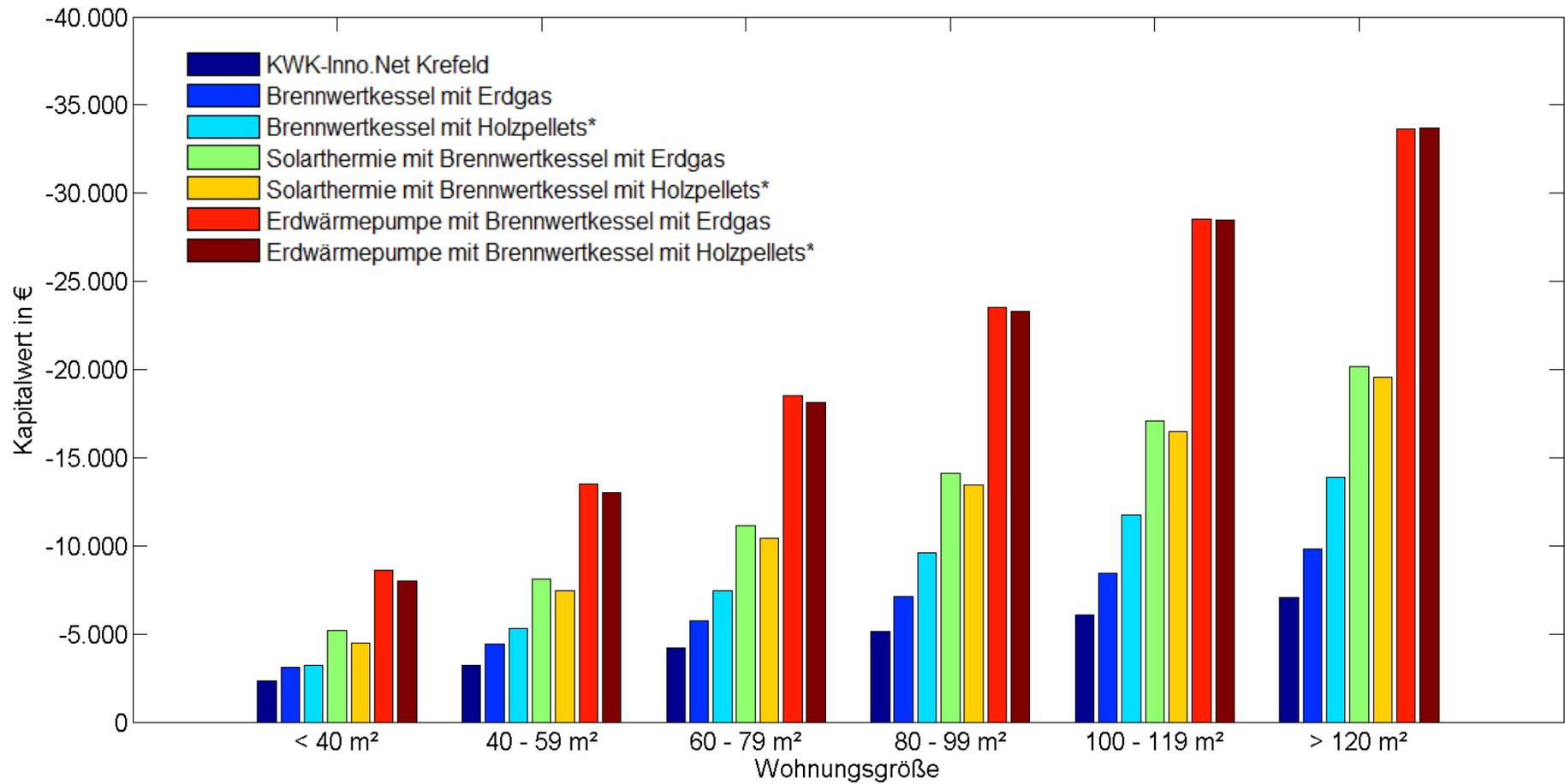


Abbildung 13: Heizkosten inkl. Mieterhöhung durch Sanierung für Gebäudealter vor 1979 - 1986, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

6.4 Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Eigentümergemeinschaft

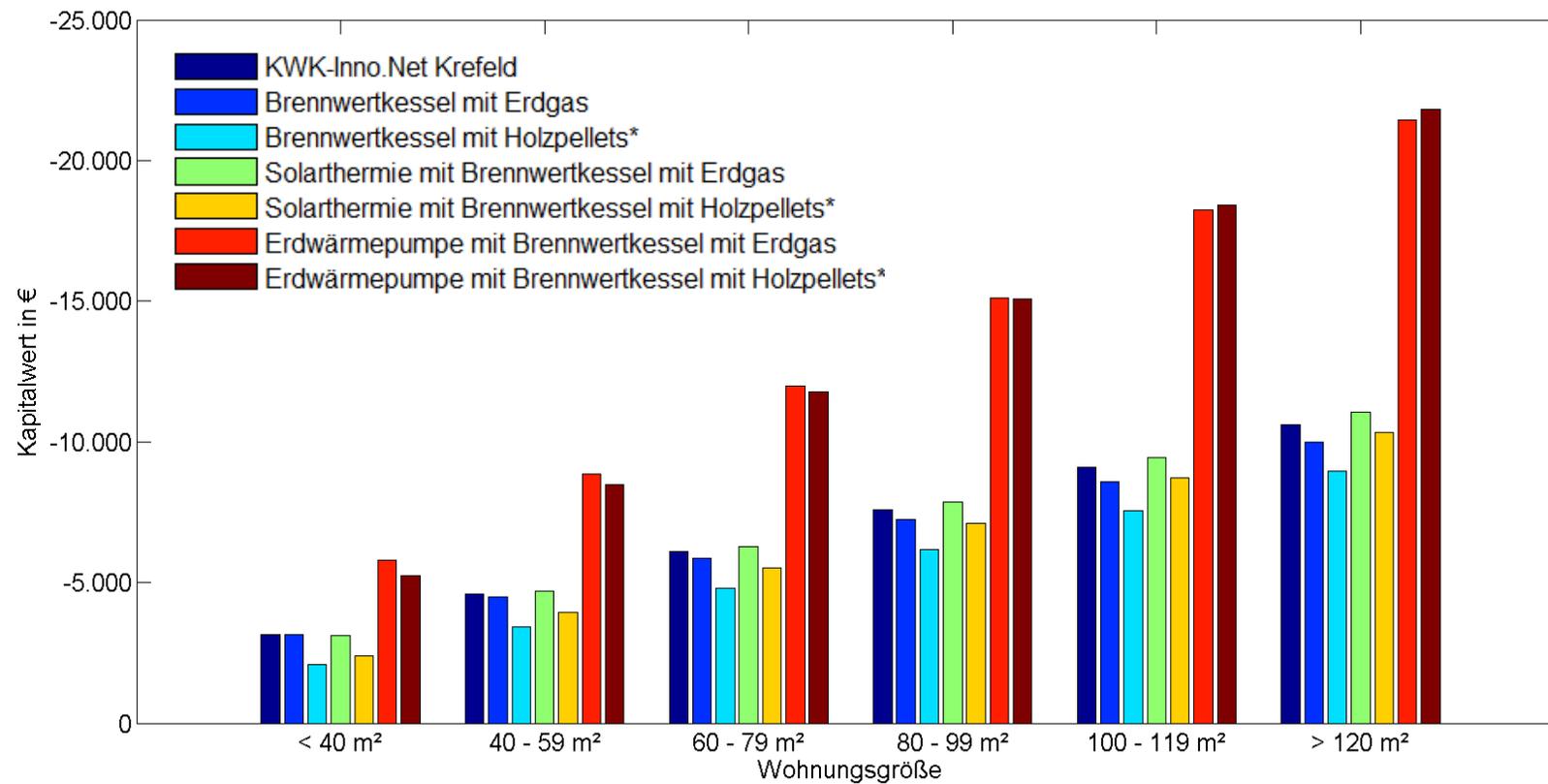


Abbildung 14: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter vor 1919, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

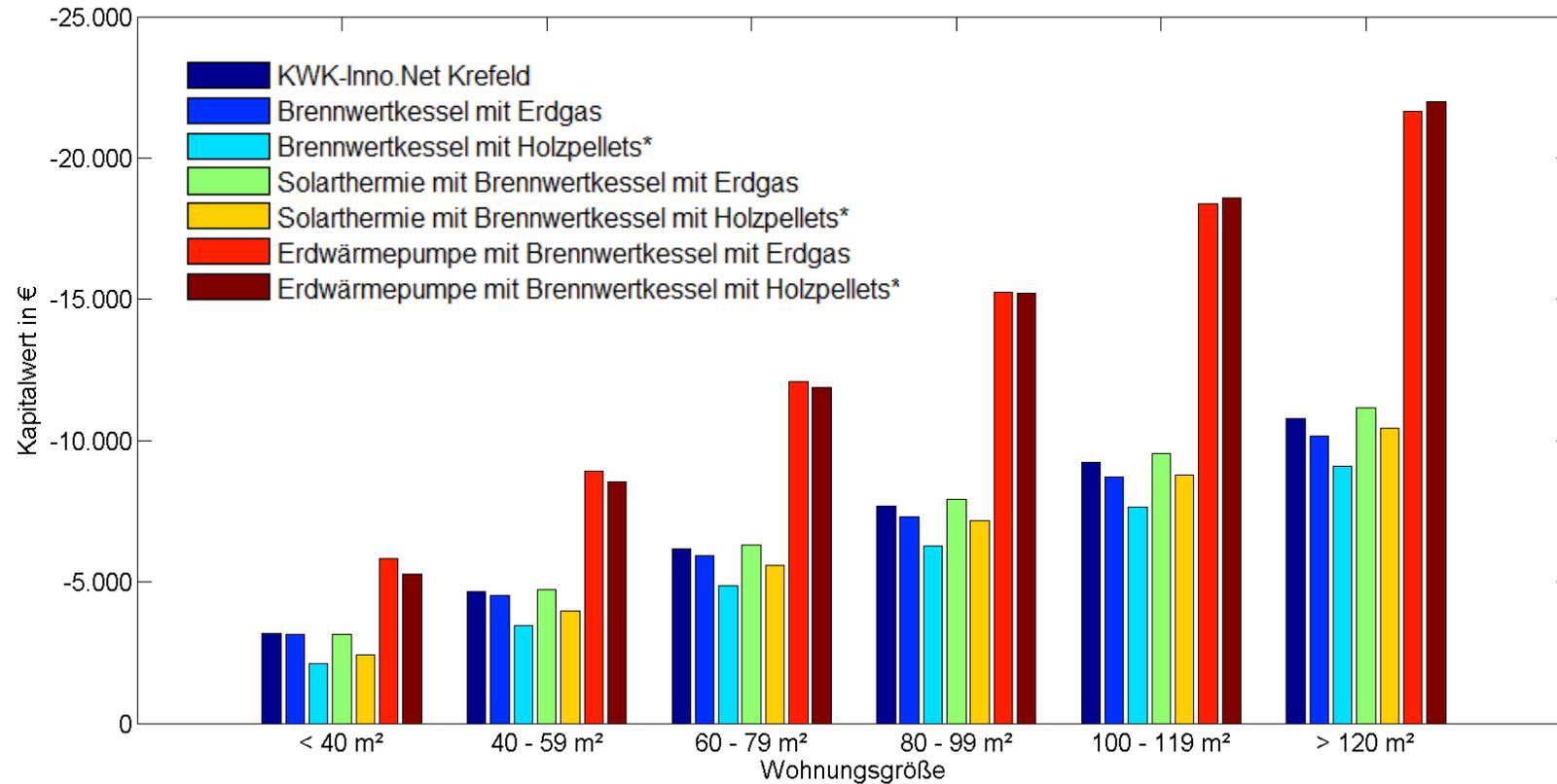


Abbildung 15: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1919 - 1948, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

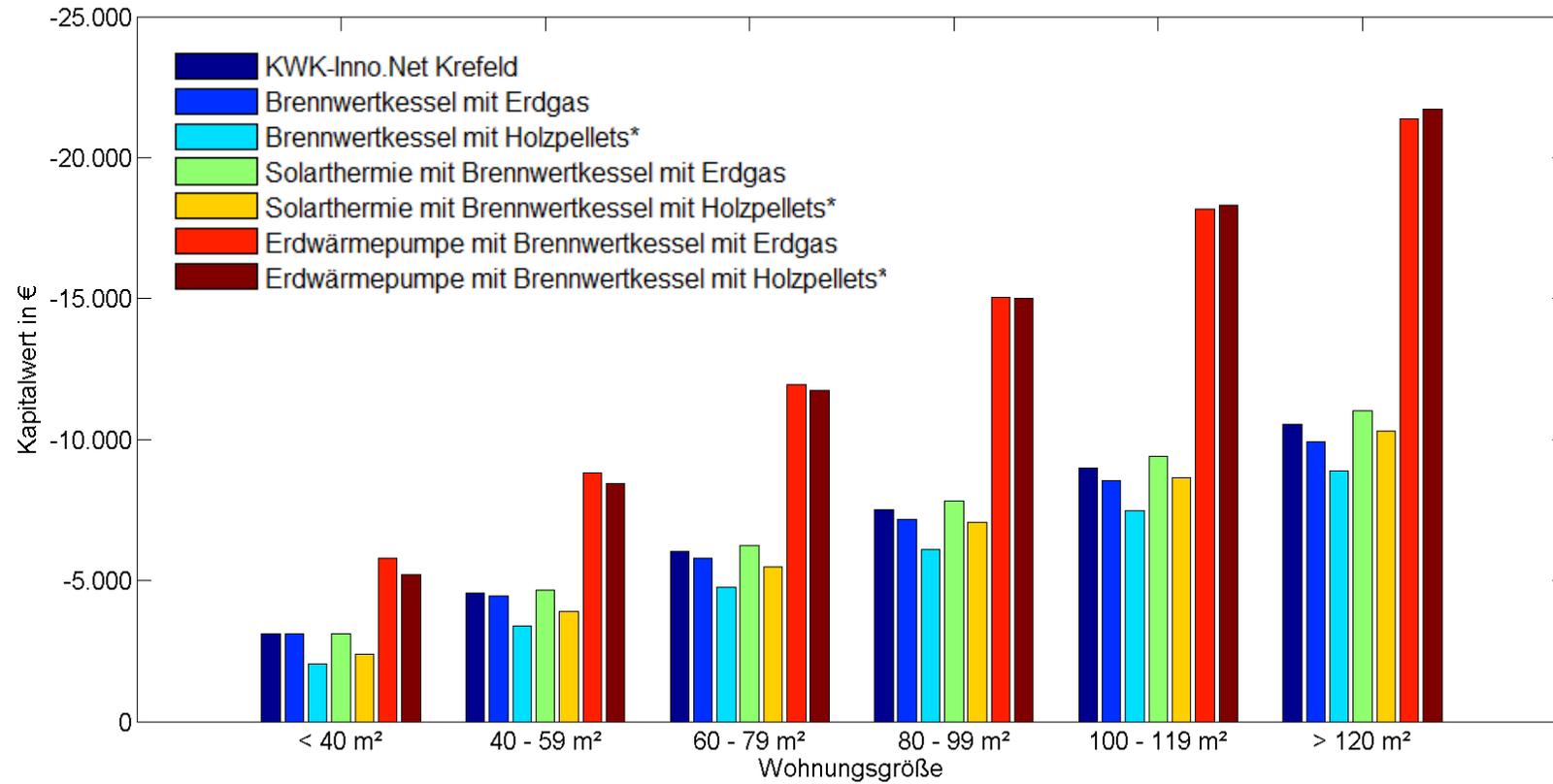


Abbildung 16: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1949 - 1978, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

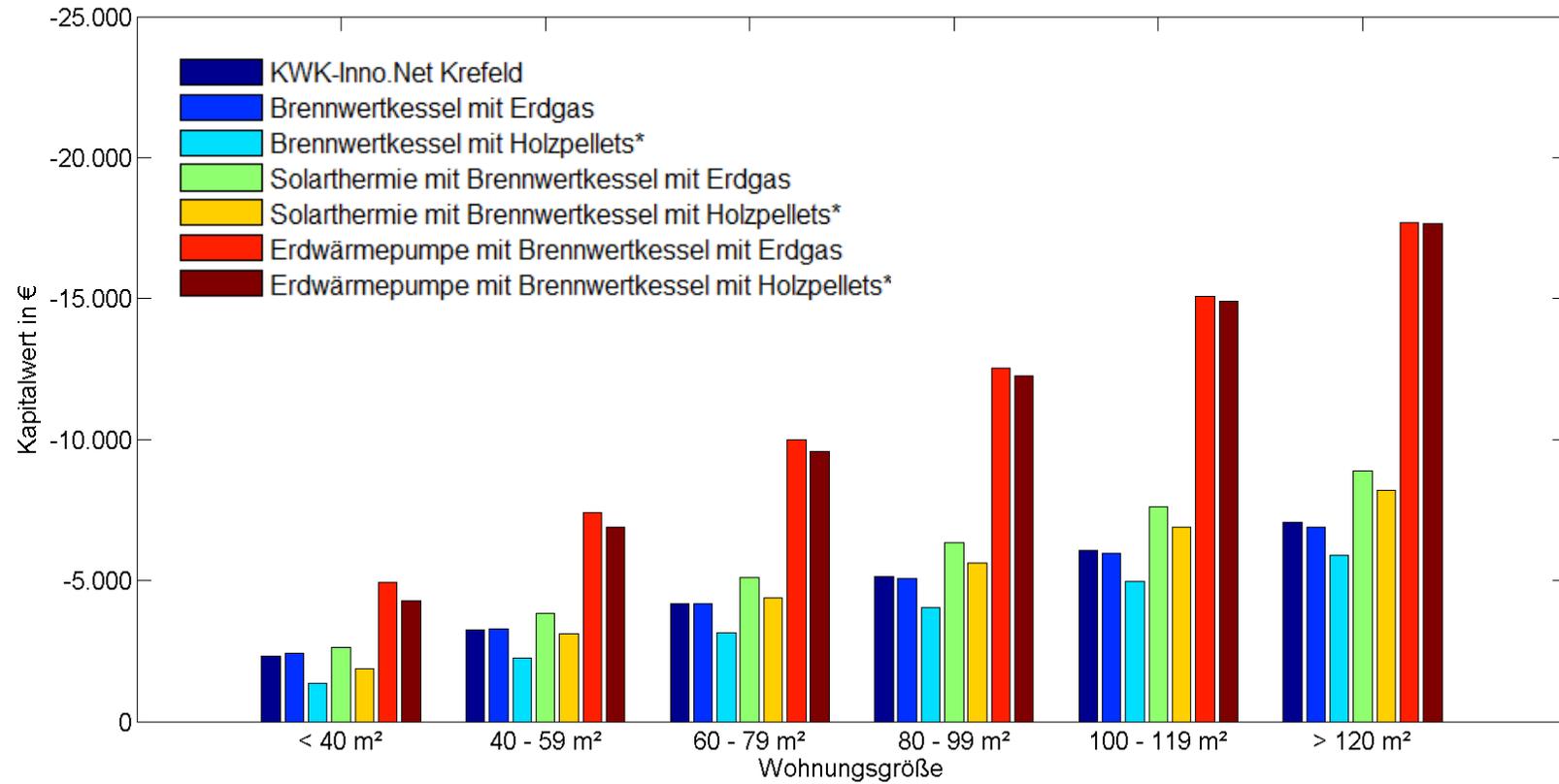


Abbildung 17: Heizkosten inkl. Wartungskosten für Eigentümerin durch Sanierung für Gebäudealter 1979 - 1986, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

6.5 Gegenüberstellung der Ergebnisdiagramme der Kapitalwertmethode aus Sicht der Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaft

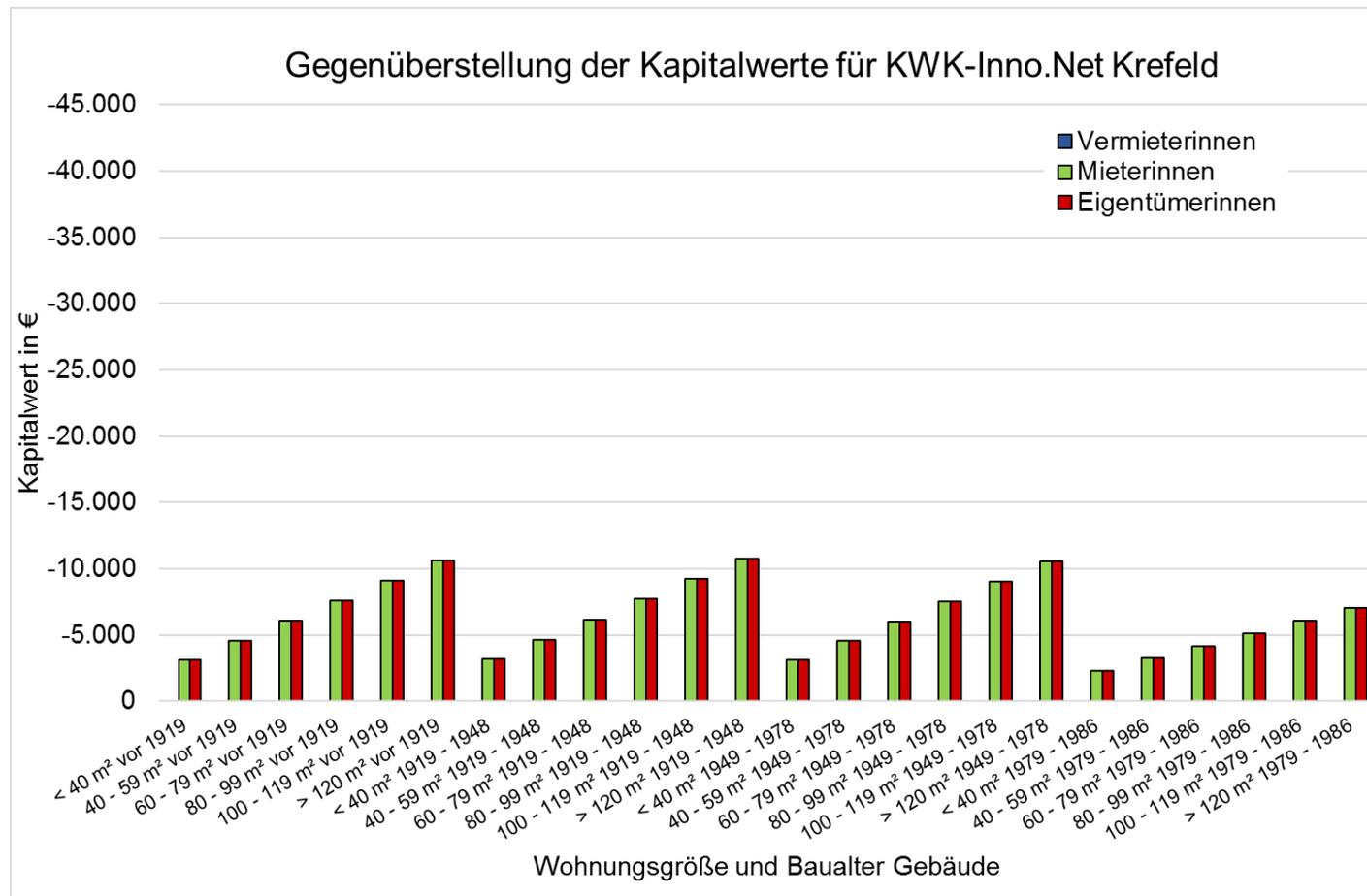


Abbildung 18: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für KWK-Inno.Net Krefeld

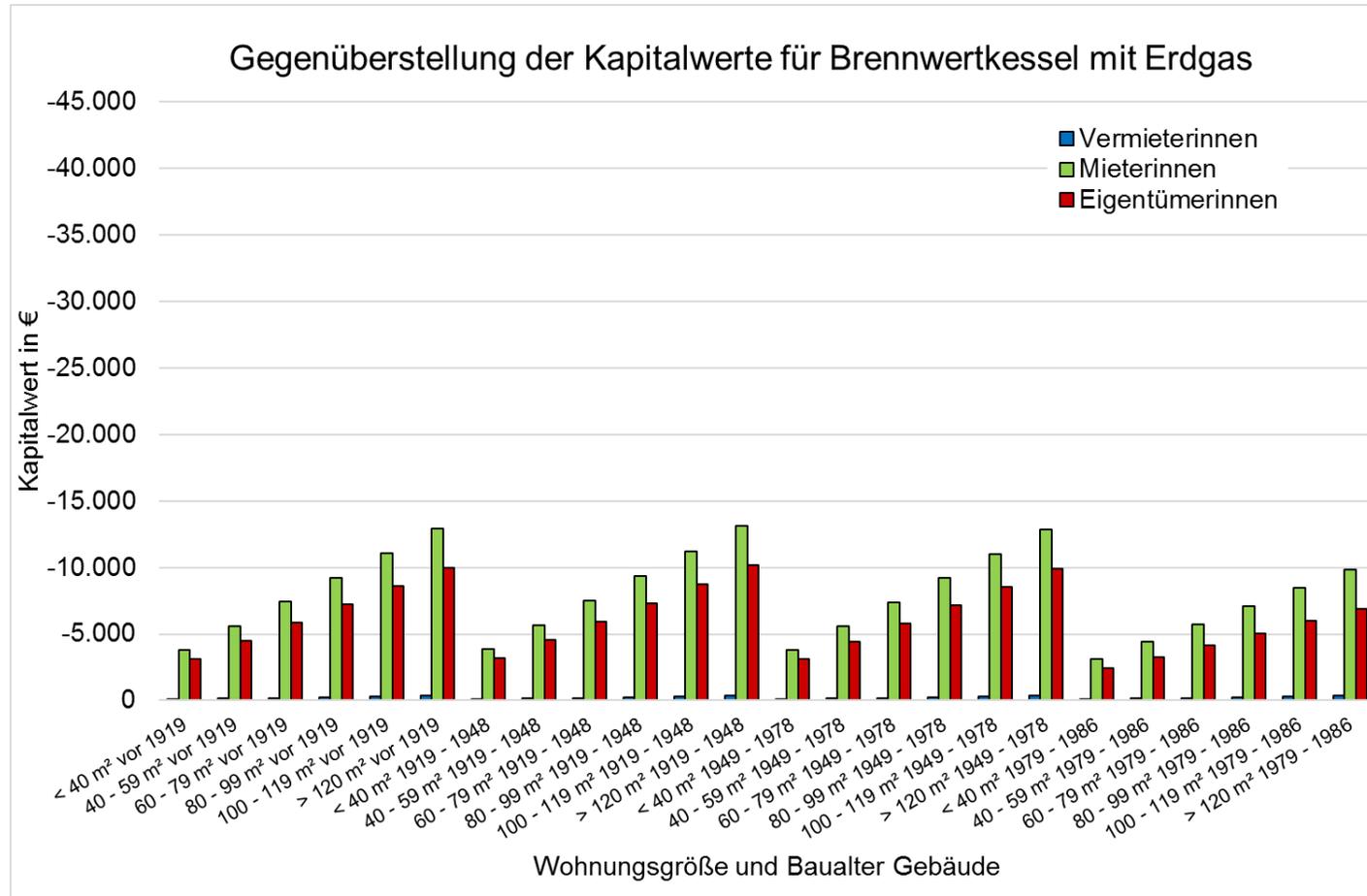


Abbildung 19: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Brennwertkessel mit Erdgas

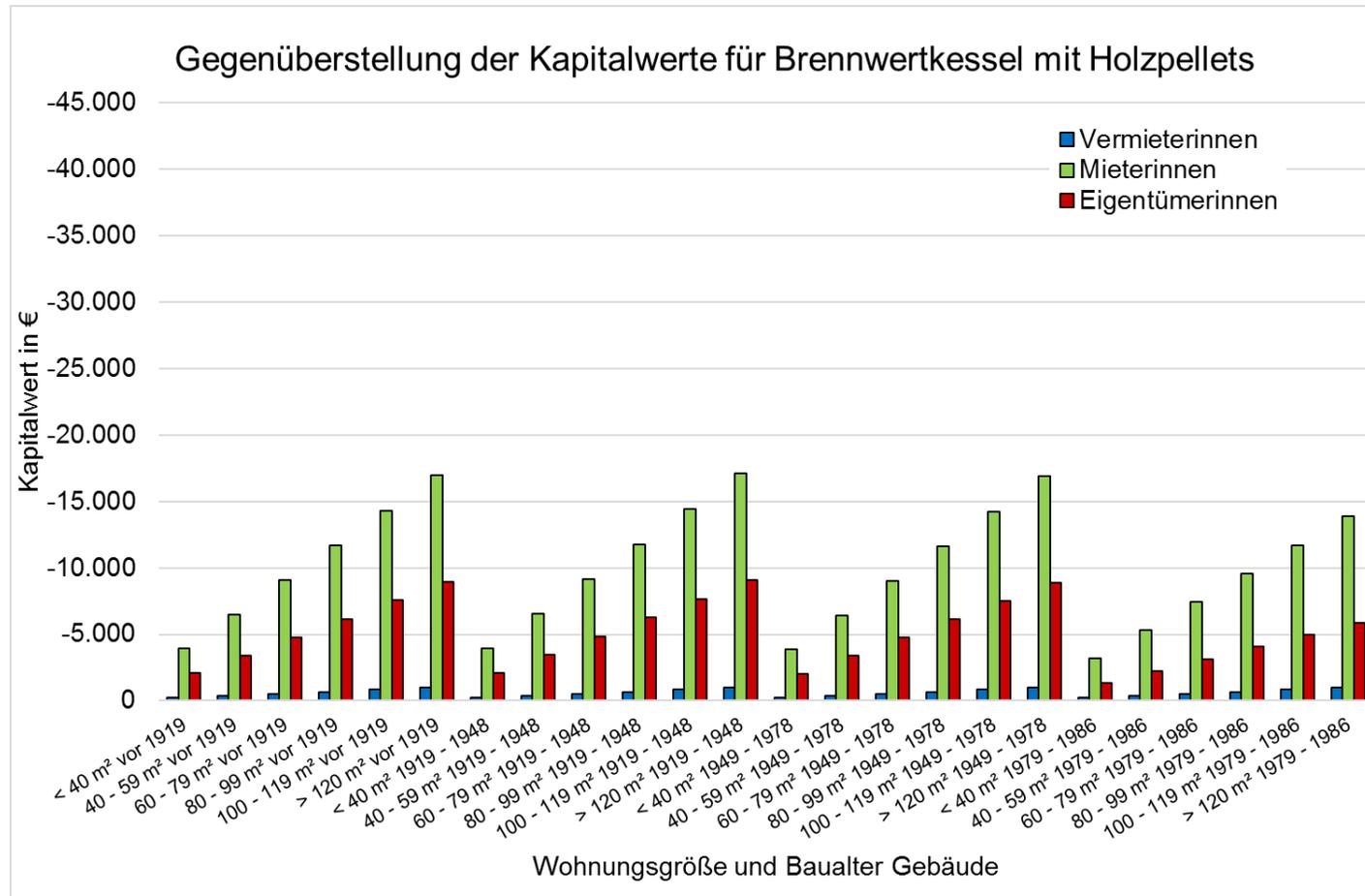


Abbildung 20: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Brennwertkessel mit Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

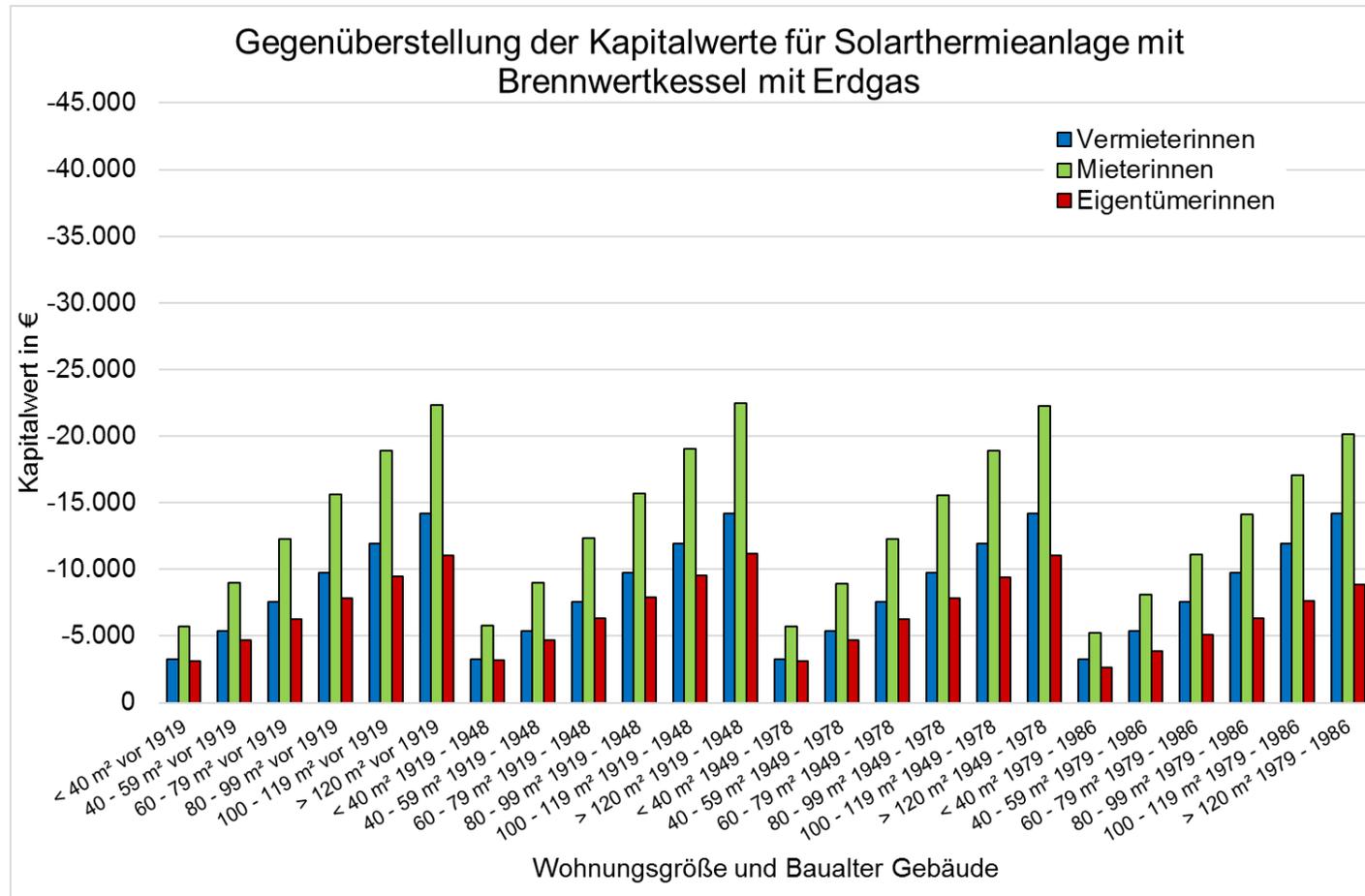


Abbildung 21: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Solarthermieanlagen mit Brennwertkessel mit Erdgas

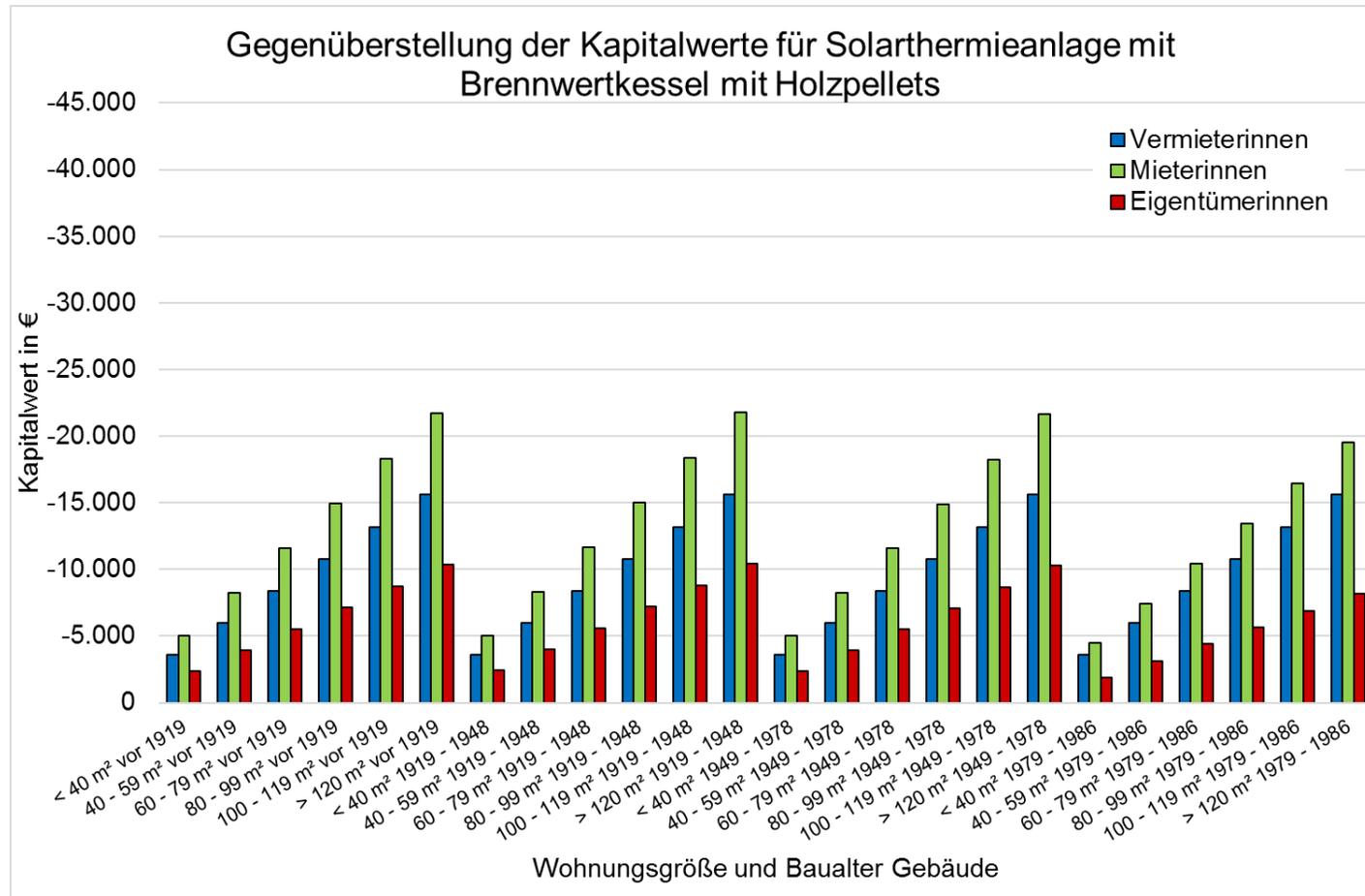


Abbildung 22: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Solarthermieanlagen mit Brennwertkessel mit Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt

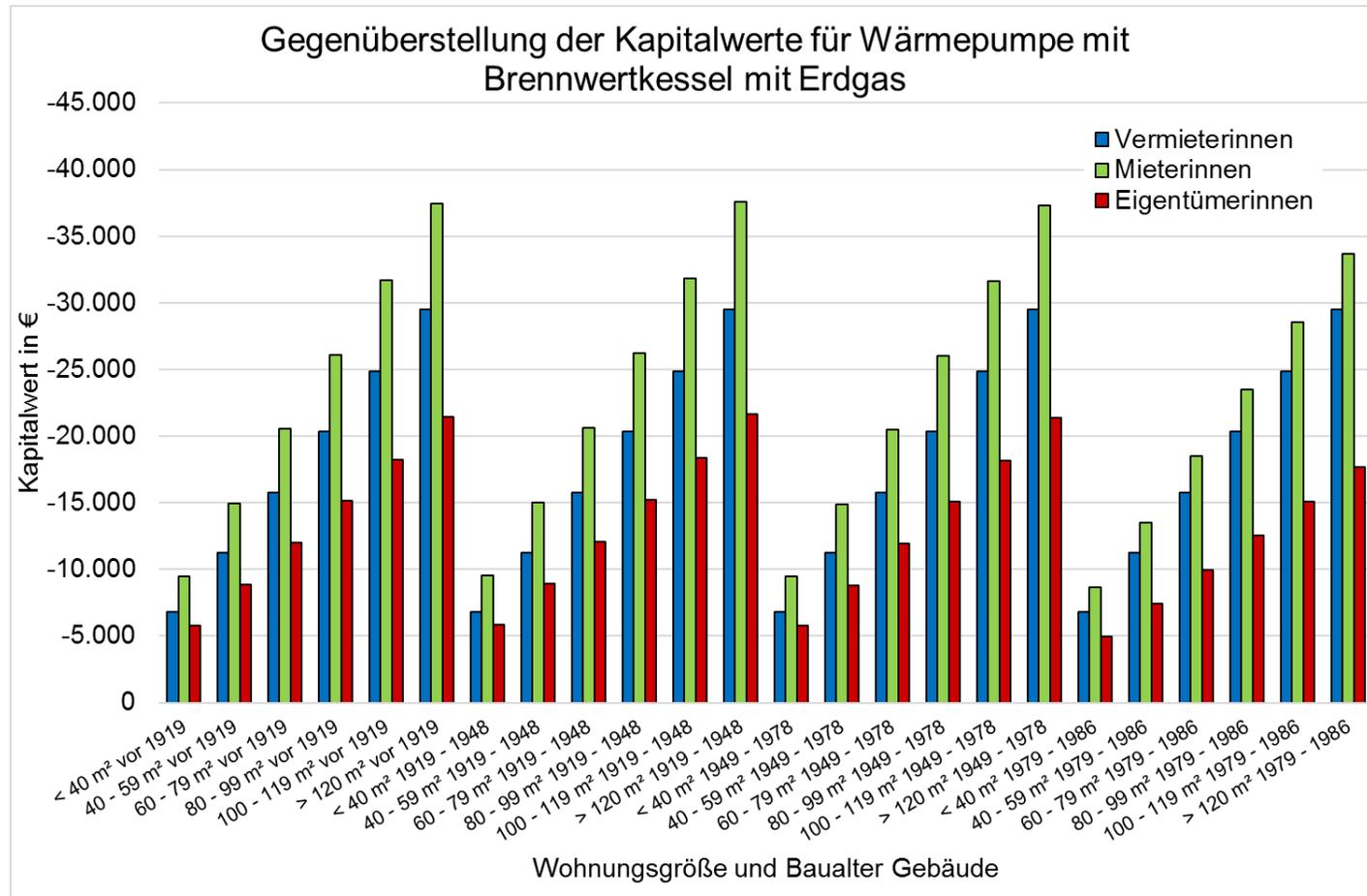


Abbildung 23: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Wärmepumpen mit Brennwertkessel mit Erdgas

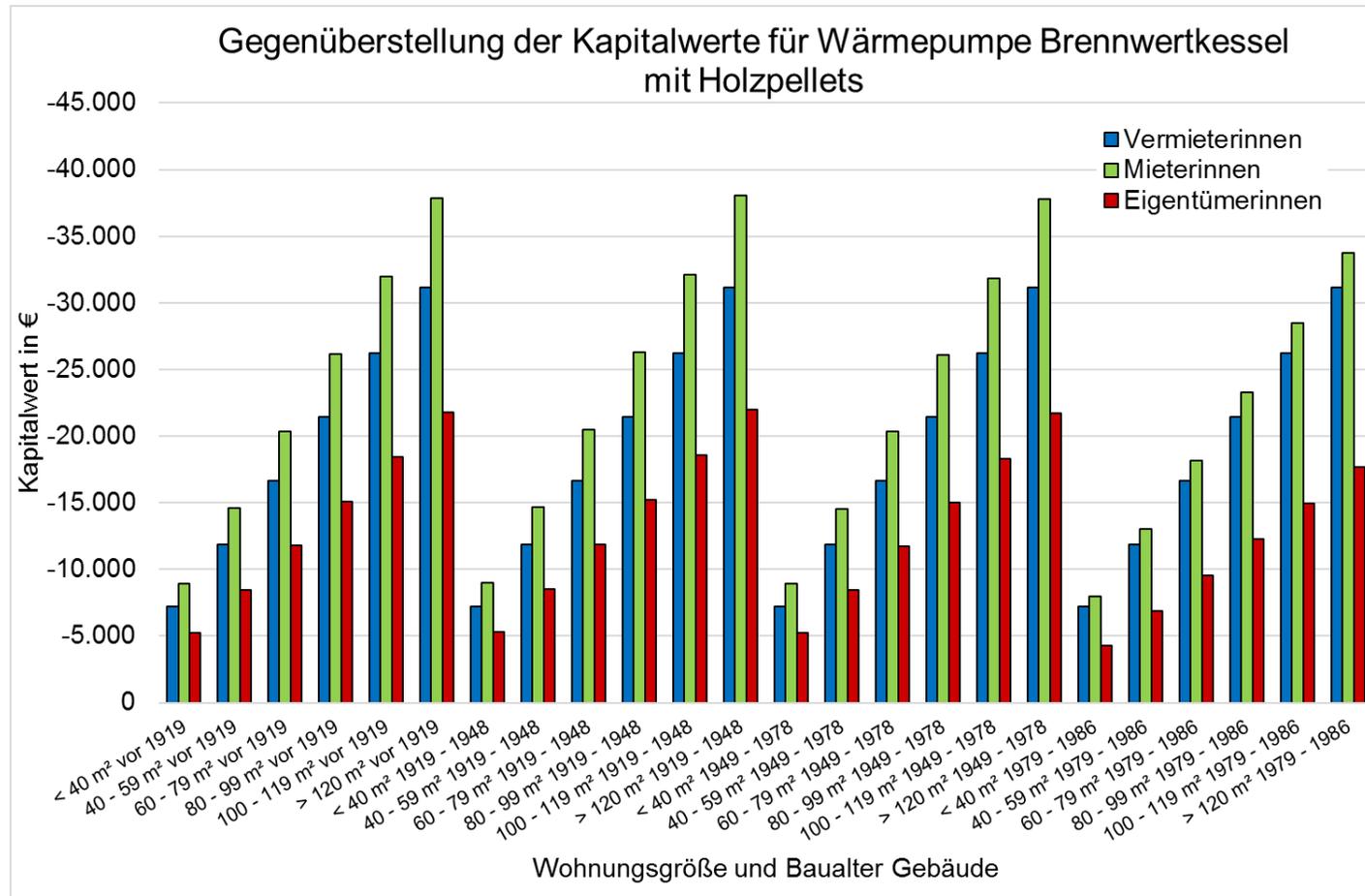


Abbildung 24: Gegenüberstellung der Kapitalwerte für Vermieterinnen, Mieterinnen und Eigentümergemeinschaften für Wärmepumpen mit Brennwertkessel mit Holzpellets, *alle Berechnungen mit Holzpellets wurden ohne Berücksichtigung der Kosten für Lager und Fördertechnik durchgeführt