Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt

Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht

Autoren: Prof. Dr. Andreas Pfnür

Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska
Dipl.-Ing. Bettina Mailach
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Forschungscenter Betriebliche Immobilienwirtschaft FBI

iTG **Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden** Forschung und Anwendung GmbH

Wissenschaftliche Studie

- Verfasser

Forschungscenter Betriebliche Immobilienwirtschaft
Prof. Dr. Andreas Pfnür

Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH

Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska
Dipl.-Ing. Bettina Mailach
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

- im Auftrag von

BDH Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie
iwo Institut für Wärme und Oeltechnik
ZENTRALVERBAND SANITÄR HEIZUNG KLIMA
DEPV Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
IPS INITIATIVE PRO SCHORNSTEIN ZUKUNFTSSICHER BAUEN

Ziele der Studie

1. Aufzeigen, ob und unter welchen Bedingungen dezentrale und zentrale Wärmeversorgungssysteme einen bedeutsamen Beitrag zur Erreichung der Effizienz- und Klimaziele leisten können.

2. Prüfen, unter welchen Bedingungen der Einsatz von dezentraler und zentraler Wärmeversorgung für die Akteursgruppen wirtschaftlich ist.

Dezentral – gebäudeweise Wärmeerzeugung und -versorgung

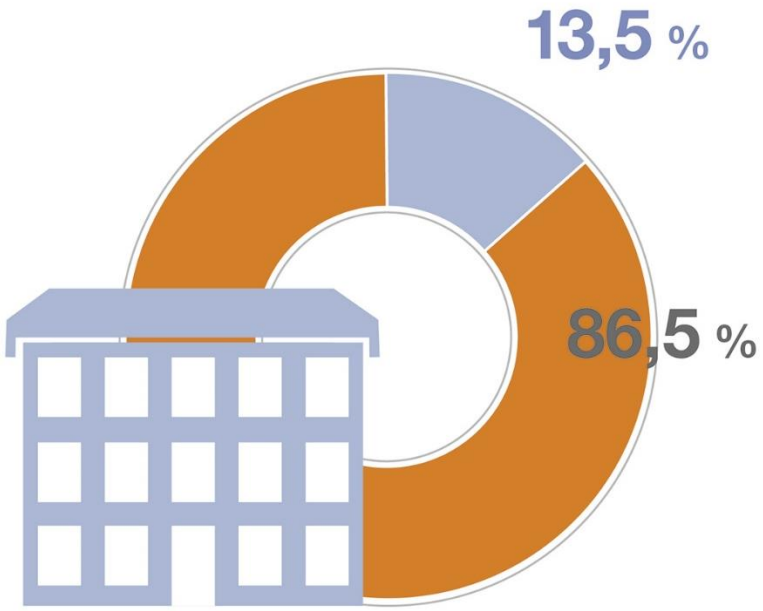
Zentral – netzgebundene Wärmeversorgung

Forschungsansatz

- Festlegung von Fallbeispielen aus repräsentativen Versorgungsgebieten, Gebäudetypen und Anlagentechnikvarianten
- Berechnung von End- und Primärenergieverbrauchswerten sowie CO_2-Emissionen
- Ermittlung von Investitions-, Energie- und Betriebskosten
- Modellierung der monetären Auswirkungen der Fallbeispiele in allen Varianten als Vollständige Finanzpläne
- Vergleichende ökonomische Bewertung der dezentralen und zentralen Wärmeversorgungskonzepte aus Sicht der beteiligten Akteure
- Hochrechnung der Ergebnisse – Volkswirtschaftliche Bewertung der dezentralen und zentralen Wärmeversorgungskonzepte
- Ableiten der zentralen Ergebnisse der Studie

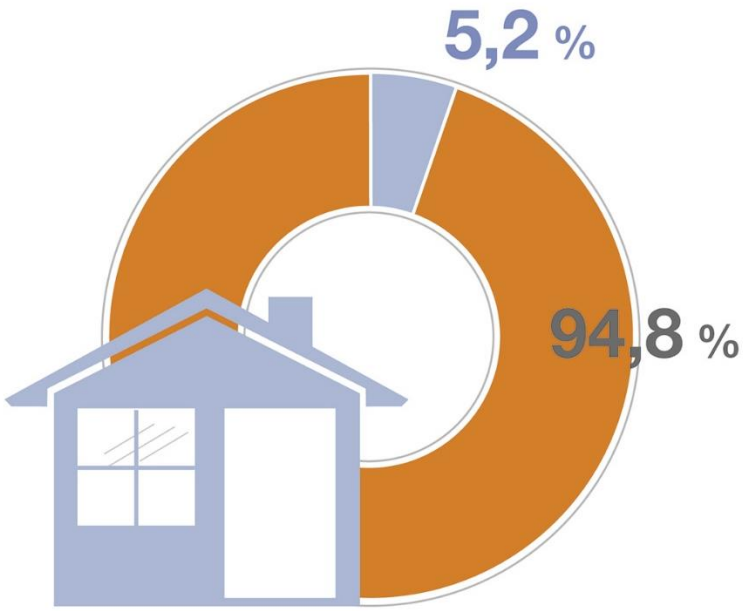
Status quo
Beheizungsstruktur

Wohnungsbestand



Gesamtbestand 41,3 Mio. Wohnungen

Gebäudebestand

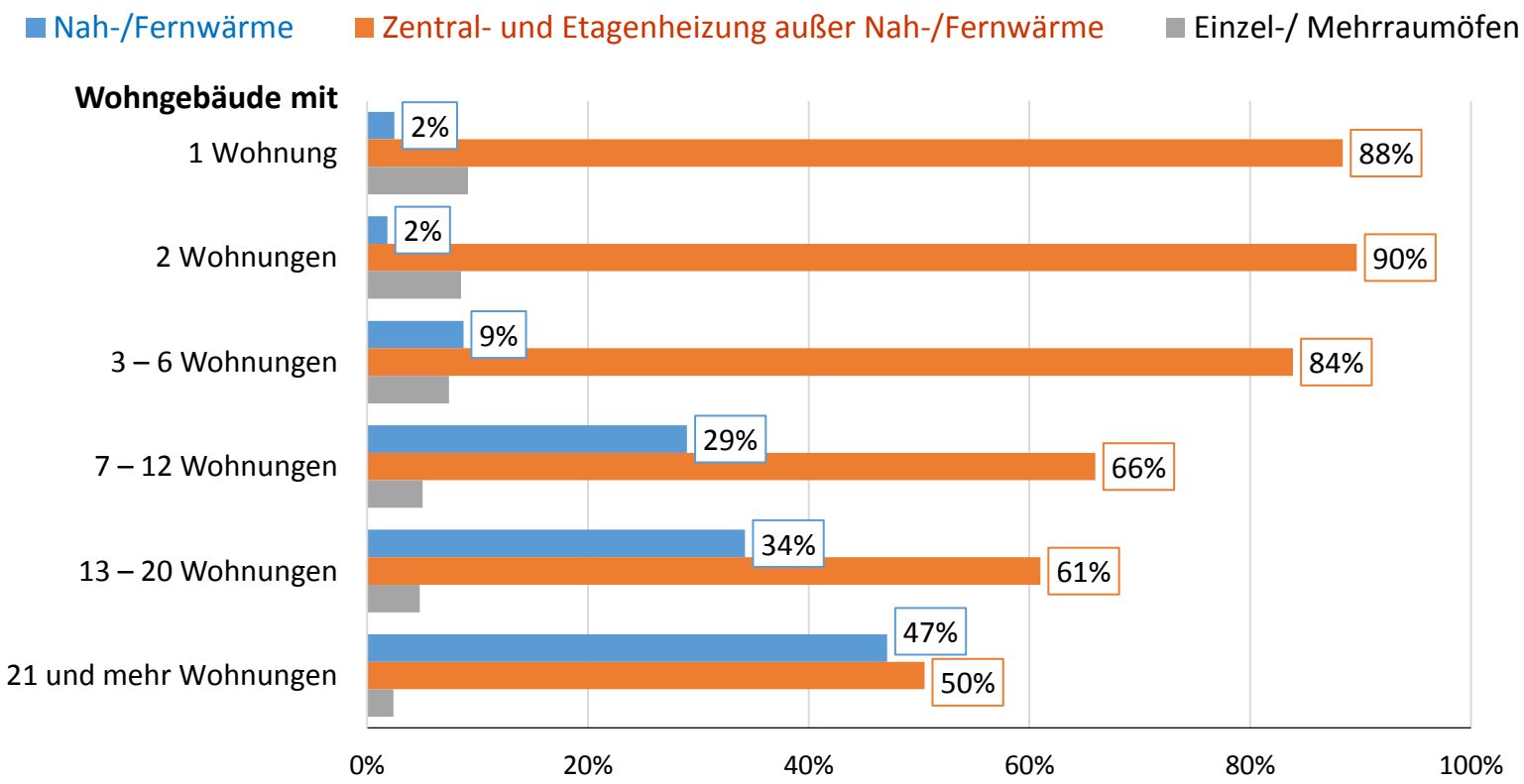


Gesamtbestand 18 Mio. Häuser

- Zentrale Wärmeversorgung (Nah-/Fernwärme)
- Dezentrale Wärmeversorgung

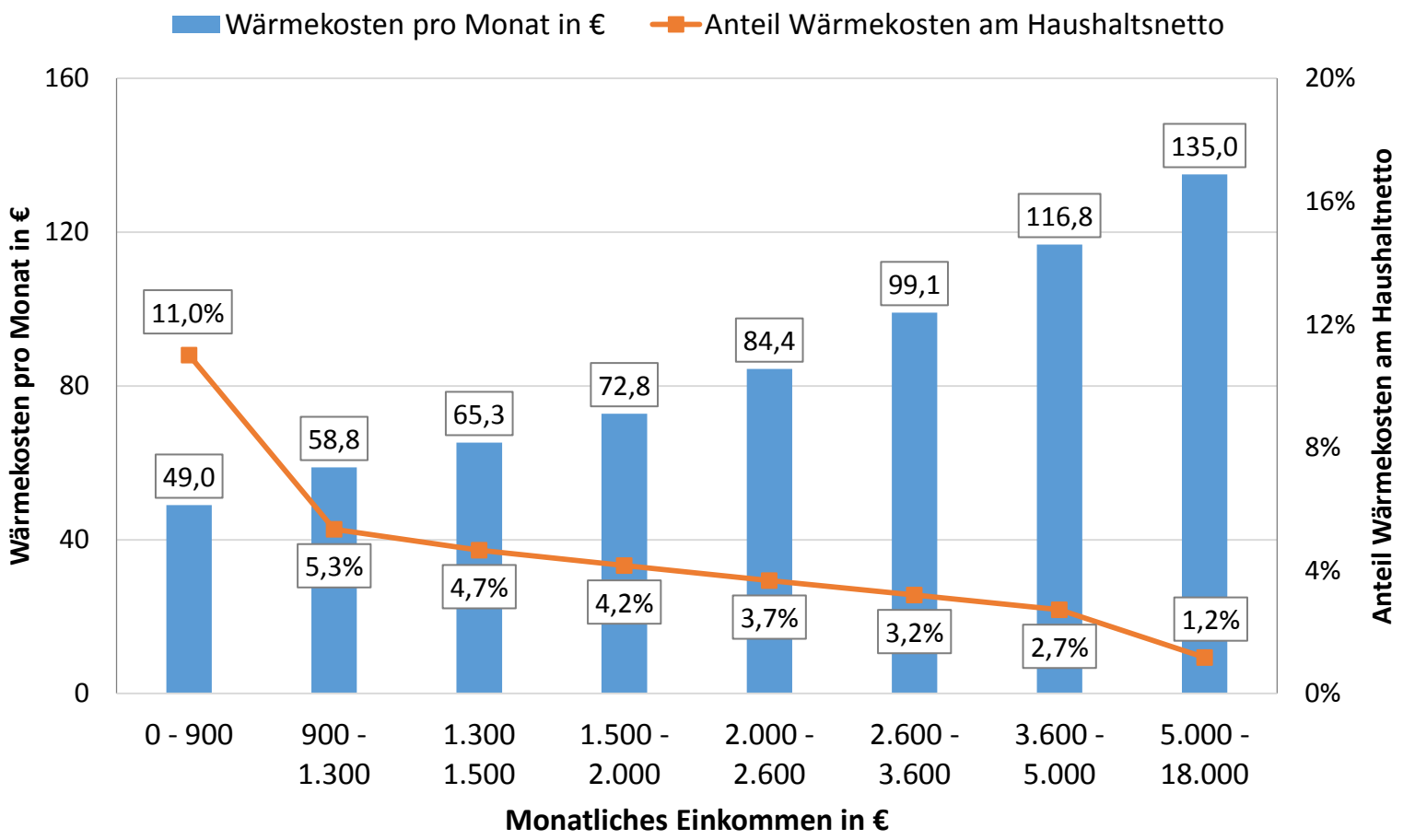
Quelle: BDEW (2014)

Status quo
Versorgungskonzepte



Anteil der beheizten bewohnten Wohnungen an der gesamten Anzahl der bewohnten Wohnungen in der jeweiligen Gebäudegröße in Abhängigkeit vom Versorgungskonzept

Wärmekosten für Haushalte je nach Einkommen unterschiedlich spürbar



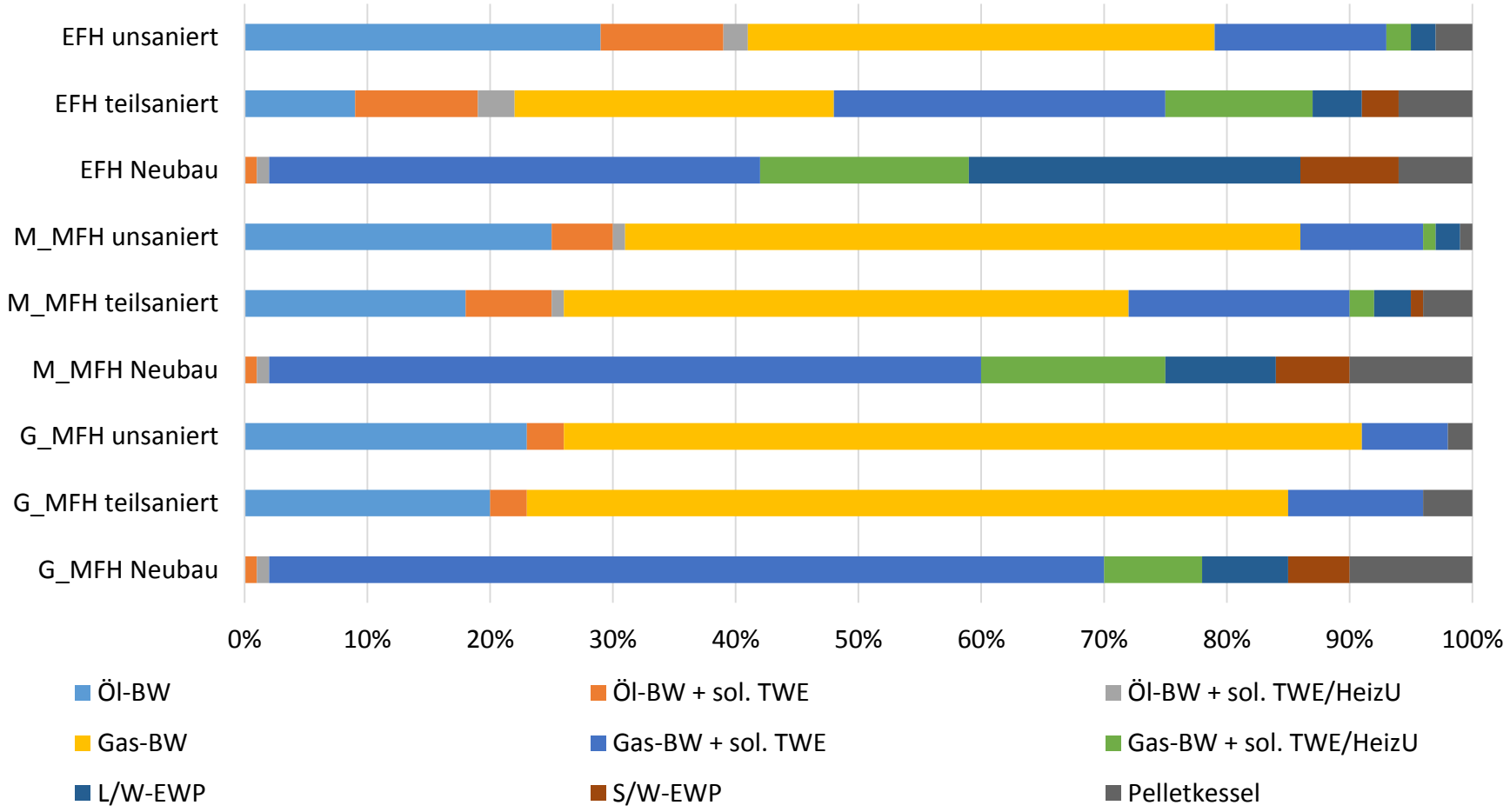
Betrachtete Fallbeispiele und Gebäude

Betrachtete Fallbeispiele	Repräsentative Gebäudetypen
➢ **kleines Versorgungsgebiet**, das für ein Dorf oder Stadtrandgebiet repräsentativ ist	➢ Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von 150 m² (EFH)
➢ **mittleres Versorgungsgebiet**, das für eine Kleinstadt repräsentativ	➢ mittelgroßes Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten (M_MFH)
➢ **großes Versorgungsgebiet**, das für eine Großstadt mit hoher Siedlungsdichte repräsentativ ist.	➢ großes Mehrfamilienhaus mit 24 Wohneinheiten (G_MFH)

- Szenarien hinsichtlich des Energieverbrauchs:
  - unsanierter Altbau
  - teilsanierter Altbau
  - nach 2009 fertiggestellter Neubau

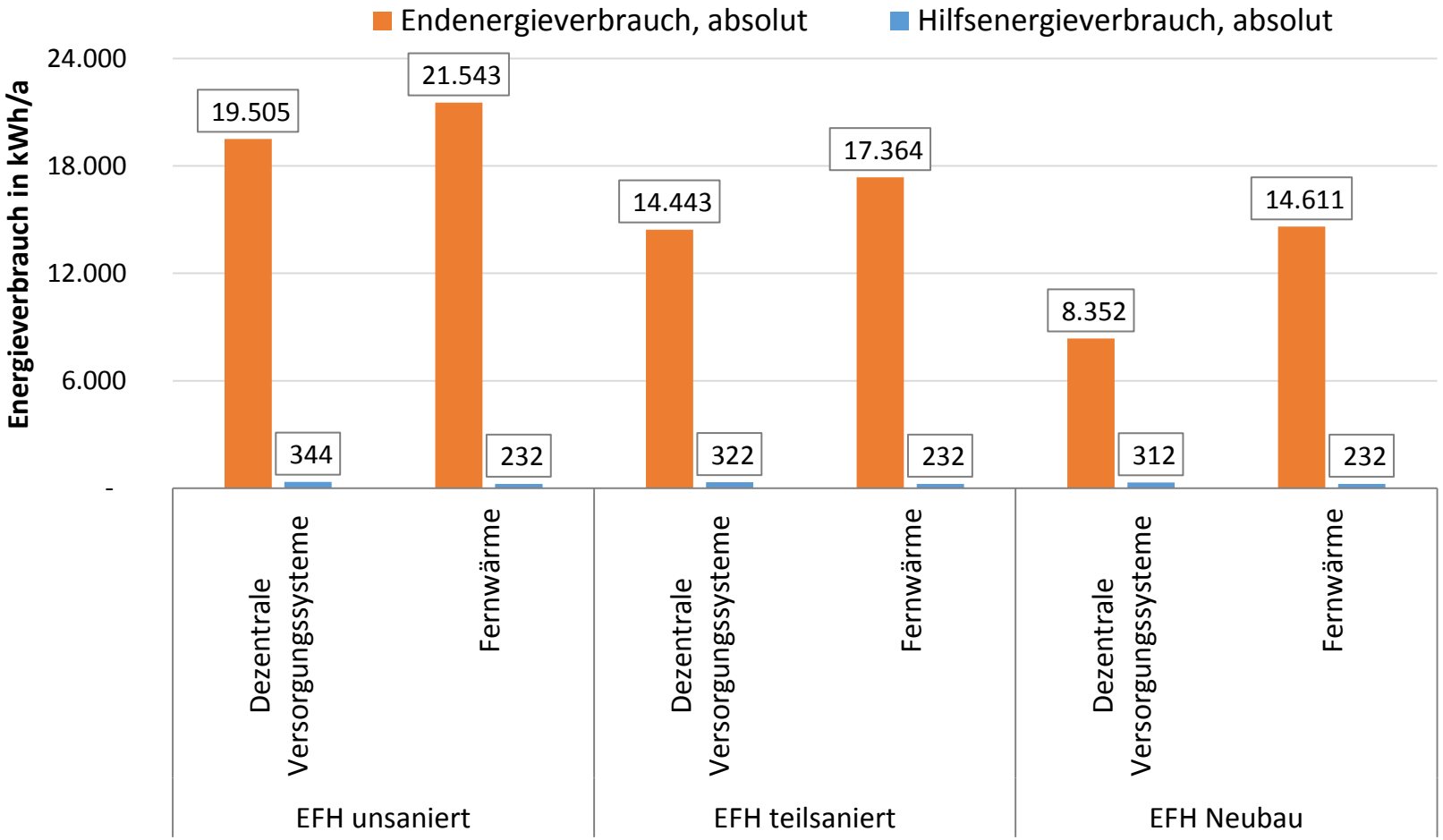
Wichtung der Ergebnisse

Anteile der Varianten an den dezentralen Versorgungssystemen



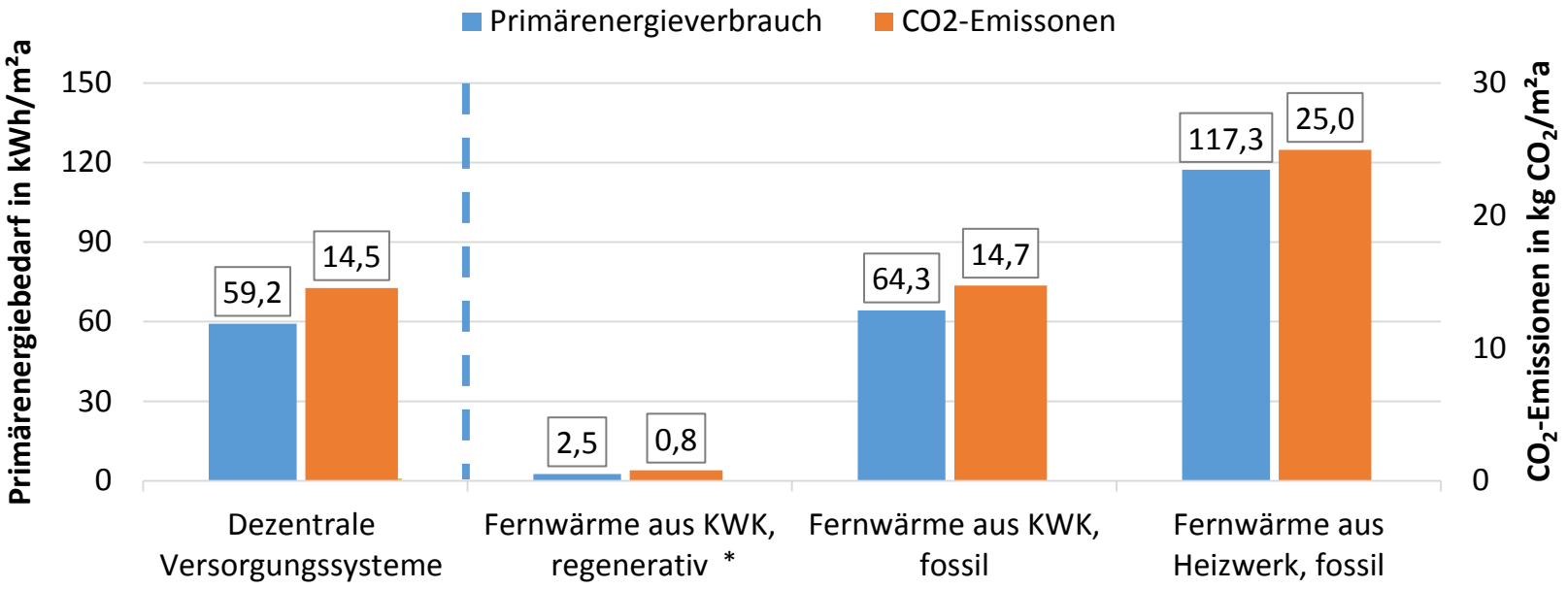
Energetische Bewertung

End- und Hilfsenergieverbrauch im EFH



Energetische Bewertung

Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen – Status quo

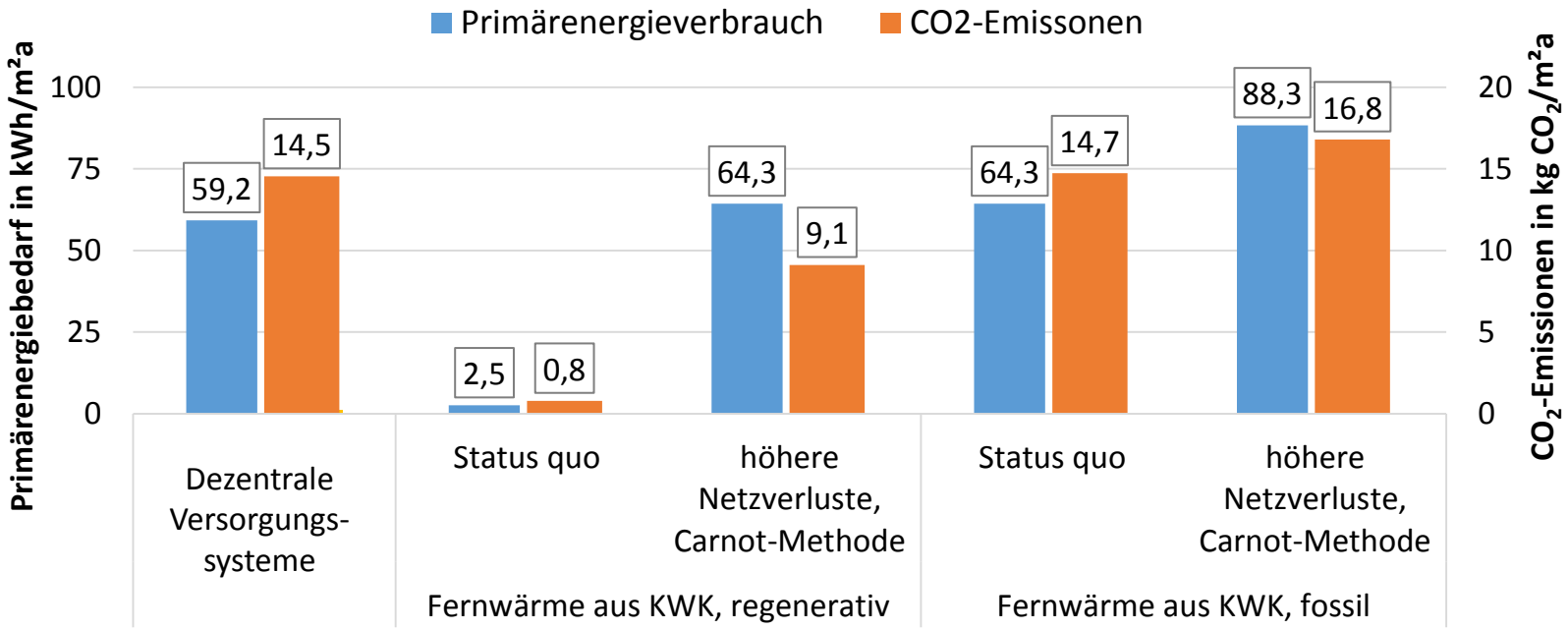


* bzw. Fernwärme aus industrieller Abwärme

Vorteil der dezentralen Versorgungssysteme gegenüber Fernwärme aus KWK, fossil am Beispiel EFH Neubau

Energetische Bewertung

Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen – zukünftig?



- Primärenergetischer Vorteil der dezentralen Versorgungssysteme auch gegenüber Fernwärme aus KWK, regenerativ möglich,
- Großer Einfluss der Allokationsmethode auf Bewertung von Wärme aus KWK

Methodisches Vorgehen: Finanzpläne aus den Perspektiven des Projekts und aller Akteure

Finanzplan des Projekts „Erneuerung Wärmesystem“

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition								
Investitionskosten	- 16.200							
Zufluss Fördermittel	-							
Restwert Heizungsanlage								6.350
Finanzierung								
Kapitalzufluss zur Finanzierung d. Investition	16.200							
Finanzierungskosten Investition		- 243	- 243	...	- 243	- 243	- 243	- 243
Rückzahlung Kapital in t15								- 16.200
Lfd. Betrieb								
Wartungskosten		- 110	- 112	...	- 151	- 154	- 157	- 160
Instandhaltungskosten		- 196	- 159	...	- 214	- 218	- 223	- 227
Schornsteinfeger/ Versicherung		-	-	...	-	-	-	-
Energiekosten								
Energiekosten		- 1.362	- 1.403	...	- 2.252	- 2.319	- 2.389	- 2.389
Projektkonto								
Cash-Flow I: Auszahlungen für Hauswärme	-	- 1.362	- 1.403	...	- 2.794	- 2.867	- 2.942	- 12.870
Verzinsung Projektkonto		-	- 28	...	- 606	- 657	- 709	- 764
Cash-Flow II: Bestandsminderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 1.671	- 1.946	...	- 3.400	- 3.524	- 3.652	- 13.634
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 1.671	- 3.617	...	- 43.773	- 47.297	- 50.949	- 64.583
Kennzahlen								
Endwert der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 64.583							
Barwert (DCF) der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 47.736							

Gesamtwirtschaftliche Sicht

Finanzplan basierend auf der Annahme „Beibehalt des Status quo“ (Benchmark)

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Lfd. Betrieb								
Wartungskosten		- 180	- 184	...	- 247	- 252	- 257	- 262
Instandhaltungskosten		- 285	- 291	...	- 391	- 399	- 407	- 415
Schornsteinfeger/ Versicherung		- 105	- 107	...	- 144	- 147	- 150	- 153
Energiekosten								
Energiekosten		- 1.818	- 1.872	...	- 2.917	- 3.004	- 3.094	- 3.187
Projektkonto								
Cash-Flow I: Auszahlungen für Hauswärme	-	- 2.388	- 2.453	...	- 3.699	- 3.802	- 3.908	- 4.018
Verzinsung Projektkonto		-	- 36	...	- 788	- 855	- 925	- 997
Cash-Flow II: Bestandsminderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 2.388	- 2.489	...	- 4.487	- 4.657	- 4.833	- 5.015
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 2.388	- 4.877	...	- 57.000	- 61.657	- 66.490	- 71.505
Kennzahlen								
Endwert der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 71.505							
Barwert (DCF) der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 52.852							

Finanzplan der Investition „Erneuerung des Wärmesystems aus Sicht des Eigentümers

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition	8.288							
Restwert Heizungsanlage								1.210
Anteil mieterhöhungsfähiger modernisierender Instandhaltung	- 4.144							
Eigenkapital	1.658							
Fremdkapital (Valuta Darlehen, endfällig)	6.630	6.630	6.630	...	6.630	6.630	6.630	6.630
Mieterhöhung durch Investitionsumlage		456	456	...	456	456	456	456
Finanzierungskosten FK (endfällig)		- 99	- 99	...	- 99	- 99	- 99	- 99
Δ nicht umlagefähige Instandhaltungszahlungen		95	97	...	130	133	136	138
Zahlungsströme Konto Eigentümer								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom	-	451	453	...	487	489	492	- 4.925
Verzinsung Projektkonto			2	...	39	41	44	47
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr	-	451	456	...	526	531	536	- 4.879
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert	-	451	907	...	8.281	8.812	9.348	- 4.469
Kennzahlen aus Eigentümersicht								
Endwert der Investition	2.812							
Barwert der Investiton	2.242							
Nebenrechnung VoFi EK-Rendite	- 1.658	0	0	...	0	0	0	4.469
VoFi Eigenkapitalrendite	5,08%							

Finanzplan der Investition „Erneuerung des Wärmesystems aus Sicht des Mieters

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Mieterhöhung		- 456	- 456	...	- 456	- 456	- 456	- 456
Heizkostenersparnis		358	369	...	574	592	609	628
Δ Lfd. Betrieb		75	77	...	103	105	107	109
Zahlungsströme Konto Mieter								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom		- 23	- 11	...	222	241	261	281
Verzinsung Projektkonto			- 0	...	7	8	9	10
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 23	- 11	...	228	249	270	292
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 23	- 34	...	1.573	1.822	2.092	2.383
Kennzahlen aus Mietersicht								
Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	- 2.383							
Δ Wärmekosten im ersten Jahr	23							
Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.	- 116							

Finanzplan der Investition „Erneuerung des Wärmesystems aus Sicht des Selbstnutzers

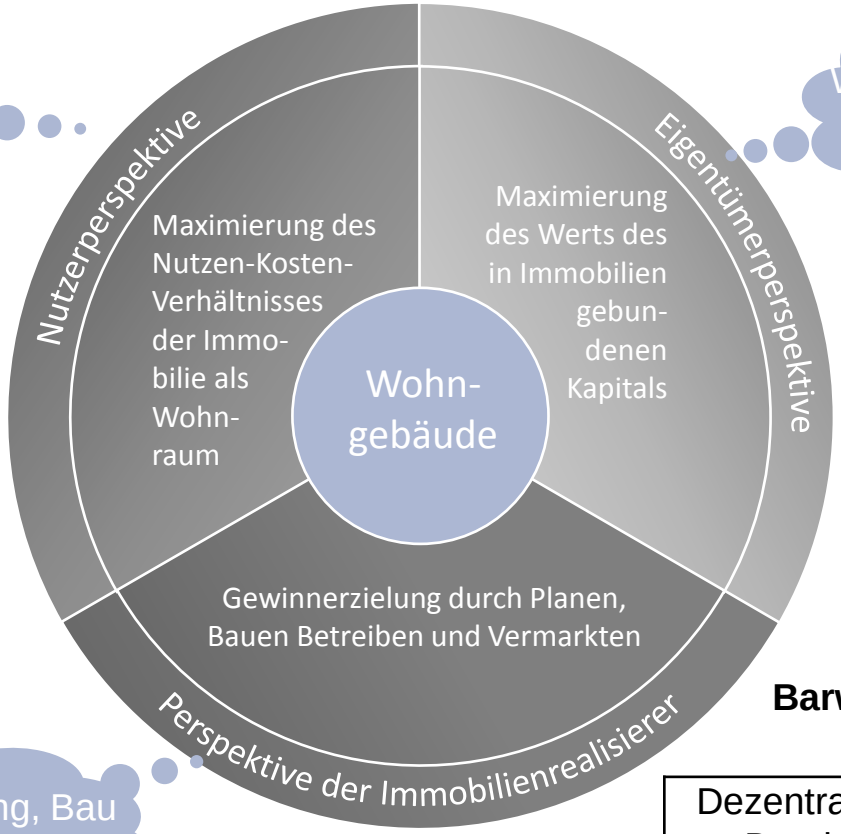
Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition	- 8.288							
Restwert Heizungsanlage								1.210
Eigenkapital	1.658							
Fremdkapital (Valuta Darlehen, endfällig)	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630
Heizkostenersparnis		358	369	380	574	592	609	628
Finanzierungskosten FK (endfällig)		- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99
Δ Summe Betriebskosten		170	173	177	233	238	243	248
Zahlungsströme Konto Eigentümer								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom	-	429	443	457	708	730	753	- 4.644
Verzinsung Projektkonto			2	4	46	49	53	57
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr	-	429	445	462	754	780	806	- 4.587
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert	-	429	873	1.335	9.855	10.635	11.441	6.854
Kennzahlen								
Endwert der Investition	5.196							
Barwert der Investiton	3.841							
	- 1.658	0	0	0	0	0	0	6.854
VoFi Eigenkapitalrendite	7,36%							

Ökonomische Bewertungen aus unterschiedlichen Perspektiven Bsp. Einfamilienhaus unsaniert (Horizont 20 Jahre)

Wie beeinflussen energetische Investitionen die Kosten des Wohnens?

Mieter:
Barwert der Δ Wärmekosten pro qm

Dezentral erwärmt Durchschnitt	**-33,22**
Fernwärme KWK, regenerativ	**4,13**



Wie wirtschaftlich sind die Investitionen?

Vermieter:
Barwert der Investition pro qm

Dezentral erwärmt Durchschnitt	**8,69**
Fernwärme KWK, regenerativ	**21,02**

Wie lassen sich in Planung, Bau und Betrieb Immobilien energetisch bestmöglich optimieren?

Projektsicht:
Barwert der Wärmekosten pro qm

Dezentral erwärmt Durchschnitt	**41,41**
Fernwärme KWK, regenerativ	**-53,13**

Ergebnisse der ökonomischen Bewertung

Zusammenfassung Bestandsgebäude (pro qm)

	Energetische Ergebnisse			Finanzwirtschaftliche Ergebnisse in €			
Hausvarianten Bestand	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a pro qm	Ersparter Primärenergieverbrauch in kWh/a pro qm	Ersparte CO_2-Emission in kg/a pro qm	Projekt: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren pro qm	Vermieter: Barwert der Investition pro qm	Mieter: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren pro qm	Selbstnutzer: Barwert der Investition pro qm
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	57,81	68,02	17,43	41,41	8,69	-33,22	42,15
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		195,99	55,34				
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		106,37	35,11				
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	48,87	29,55	20,25	-53,13	21,02	4,13	-49,87
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	38,23	48,75	20,62	-9,80	-2,52	0,89	-3,55
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		138,79	39,24				
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		66,55	22,93				
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	21,41	4,63	10,96	-68,99	10,37	4,31	-65,73
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	39,81	44,97	10,97	39,65	1,83	-34,51	36,39
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		161,67	45,58				
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		80,09	27,16				
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	30,22	10,16	13,64	-55,00	7,04	2,94	-54,25

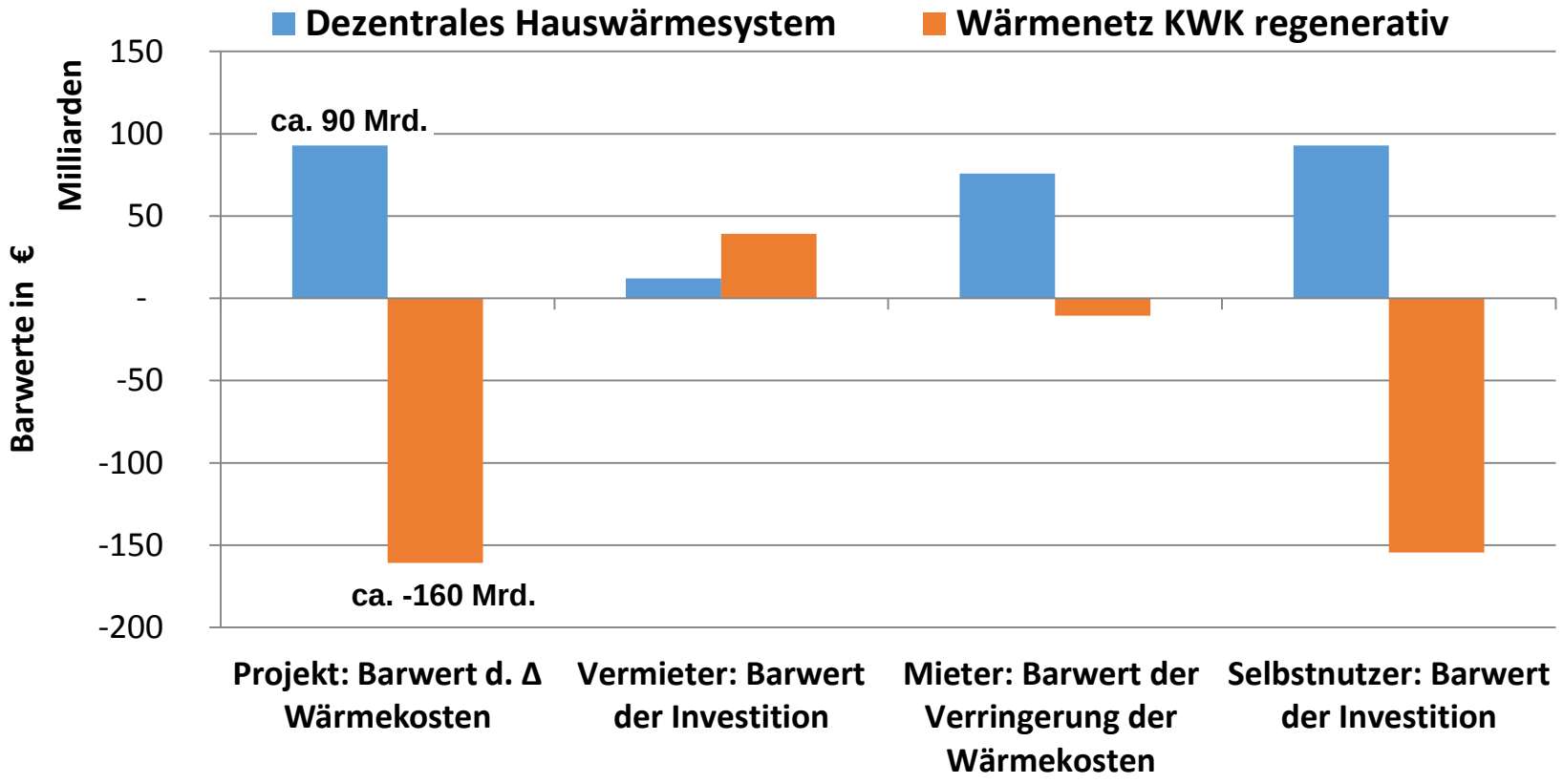
Finanzwirtschaftlich schneiden dezentrale Wärmesysteme in jeder Hausvariante pro qm deutlich besser ab, als Wärmenetze – **außer für die Vermieter**.

Primärenergetisch und gemessen an CO_2-Emissionen schafft Fernwärme aus KWK mit regenerativen Brennstoff allerdings einen **absolut gesehen** höheren Umweltbeitrag.

Kardinalfrage: Können und wollen wir uns das leisten?

Hochrechnung auf den gesamten Bestand

Netzgebundene Wärmeversorgung 250 Mrd. € teurer als dezentrale Wärmesysteme



Förderpolitik

Maximale Einsparung pro Förder-Euro

- Fördervolumen Wärmenetze in D ca. 250 Mio. € p.a.
- Beispiel: Vermietetes Einfamilienhaus, teilsaniert, Öl-beheizt

Was wäre zu erreichen, wenn 250 Mio. (zusätzliche) Förderung in unwirtschaftliche dezentrale Heizungssanierungen investiert würden?

Schritt 1: Ab welchem Umlageanteil ist Mietkostenneutralität gewährleistet?

Schritt 2: Wie groß ist die Wirtschaftlichkeitslücke, die mit Förderung geschlossen werden muss?

Schritt 3: Auswahl der effizientesten Erneuerungs-maßnahme nach erzielbarem Einsparvolumen

Anlagenvariante	Umlageanteil im Mietverhältnis	Bezuschussung des Eigentümers	Erreichte Einsparung an Primärenergie in kWh/a	Anzahl an durchführbaren Maßnahmen	**Erzielbares Einsparvolumen in kWh/a**
Öl-BW	11,00%	770	5.189	**324.675**	**1.684.690.843**
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	9,88%	3.995	9.341	62.578	584.561.136
Öl-BW + sol. TWE	9,17%	4.210	7.468	59.382	443.458.312

„Kleinvieh macht auch Mist“: Förderung einer hohen Anzahl an gerade an der Wirtschaftlichkeitsgrenze kratzenden Projekten bringt in Summe größten Erfolg

Zentrale Ergebnisse (I/III)

- Ökologisch sinnvoller Ausbau der Wärmenetze in Deutschland hat Grenzen
  - Wenn Wärme in Heizwerken mit fossilen Energieträgern erzeugt wird, ergeben sich in allen untersuchten Fällen höhere Primärenergieverbräuche und CO_2-Emissionen als bei der dezentralen Versorgung.
  - Werden Abwärme aus Industrieprozessen oder regenerativ betriebenen KWK-Anlagen zur Versorgung des Wärmenetzes genutzt, ergeben sich zum Teil umgekehrte Verhältnisse
- Mit abnehmender Leistungsdichte verlieren Wärmenetze zukünftig an Effizienz
  - Im Zeitverlauf systematisch abnehmende Wärmeverbrauche der Häuser
  - Verdrängungsstrommix wird „grüner“, Gutschriften durch die KWK-Stromerzeugung werden perspektivisch kleiner
- Wirtschaftlichkeitsrechnungen zeigen: Wärmenetze sind teurer als dezentrale Systeme
  - Je größer die einzusparende Energie (unsanierte, große Häuser), desto größer wird der Vorteil dezentraler Wärmesysteme.
  - Vorteile bestehen auch im Neubau
  - Vorteile bestehen in allen untersuchten Versorgungsgebieten (sehr dichte Bebauung, dichte Bebauung/Stadtrand, Land)
  - Berechnungsergebnisse bestätigen Ergebnisse des Kartellamts und der Verbraucherschutzzentralen zu wirtschaftlichen Nachteilen von Wärmenetzen

Zentrale Ergebnisse (II/III)

- Immobilienwirtschaftliche Akteure im Interessenkonflikt
  - Selbstnutzer und Mieter profitieren zumeist von erneuerten dezentralen Wärmesystemen, wohingegen sie bei Wärmenetzanschluss draufzahlen
  - Eigentümer erzielen regelmäßig bei Anschluss an Wärmenetz höhere Renditen als bei dezentraler Erneuerung, die in vielen Fällen – trotz positivem Projektergebnis – aus ihrer Perspektive sogar unwirtschaftlich wäre
  - Dieser Interessenkonflikt birgt besonders für Geringverdiener das Risiko gravierender wirtschaftlicher Nachteile
- Energiepreissteigerungen haben vergleichsweise wenig Einfluss auf Ergebnisse
  - Sensitivitätsanalysen zeigen, dass Energiepreissteigerungen naturgemäß die Wirtschaftlichkeit aus Sicht der Selbstnutzer und Mieter beeinflussen. Einfluss ist allerdings gering
  - Gravierender sind Zinsentwicklungen und im vermieteten Wohnraum Veränderungen der Umlagemodalitäten

Zentrale Ergebnisse (III/III)

- Erneuerung von Wärmesystemen hat gesamtwirtschaftlich großes Potenzial
  - Würden alle unsanierten und teilsanierten Gebäude mit einem neuen dezentralen Wärmesystem ausgestattet, könnten 160 Mrd. kWh Primärenergie pro Jahr eingespart werden.
  - Im Falle des fiktiven Anschlusses aller Gebäude an Wärmenetze mit einer Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Brennstoffen sind rechnerisch Einsparungen bis zu 496 Mrd. kWh/a (erneuerbare KWK) möglich. Ein derartiges Szenario (vollständiger Anschluss aller Gebäude an Wärmenetze) ist jedoch weder technisch noch wirtschaftlich realisierbar.
  - Unter dem Aspekt der Investitionseffizienz ist das „Mehr an Energieeinsparung“, welches bei einer netzgebundenen Wärmeversorgung unter für Wärmenetze günstigen Randbedingungen erzielt werden kann, allerdings teuer bezahlt.
- Investitionseffizienz von dezentraler Wärmeversorgung höher als bei Wärmenetzen
  - Die netzgebundene Wärmeversorgung aller Bestandsgebäude wäre im hier betrachteten Zeitraum von 20 Jahren um 250 Mrd. € teurer als die Erneuerung durch dezentrale Wärmesysteme.
  - Würde der gleiche Betrag zur Modernisierung von dezentralen Heizungen eingesetzt, könnten bis zu 1,7 Mrd. kWh/a an Primärenergie eingespart werden.