



# Bilanzierung und Bewertung mittels Energieanalyse aus dem Verbrauch (E-A-V)

Fachtagung „Wirksam sanieren“ – Berlin, 25.03.2015



Salzgitter

Suderburg

Wolfenbüttel

Wolfsburg



Praxistest zur Effizienz von  
Wärmedämmung und Heizkesseltausch

# **KAMPAGNE**

## **„WIRKSAM SANIEREN“**



# Kampagnenpartner

co2online

Ostfalia  
Hochschule für angewandte  
Wissenschaften 



Fraunhofer

Institut  
Solare Energiesysteme

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

Netzwerk  
für den  
Klimaschutz

~~CO<sub>2</sub>~~

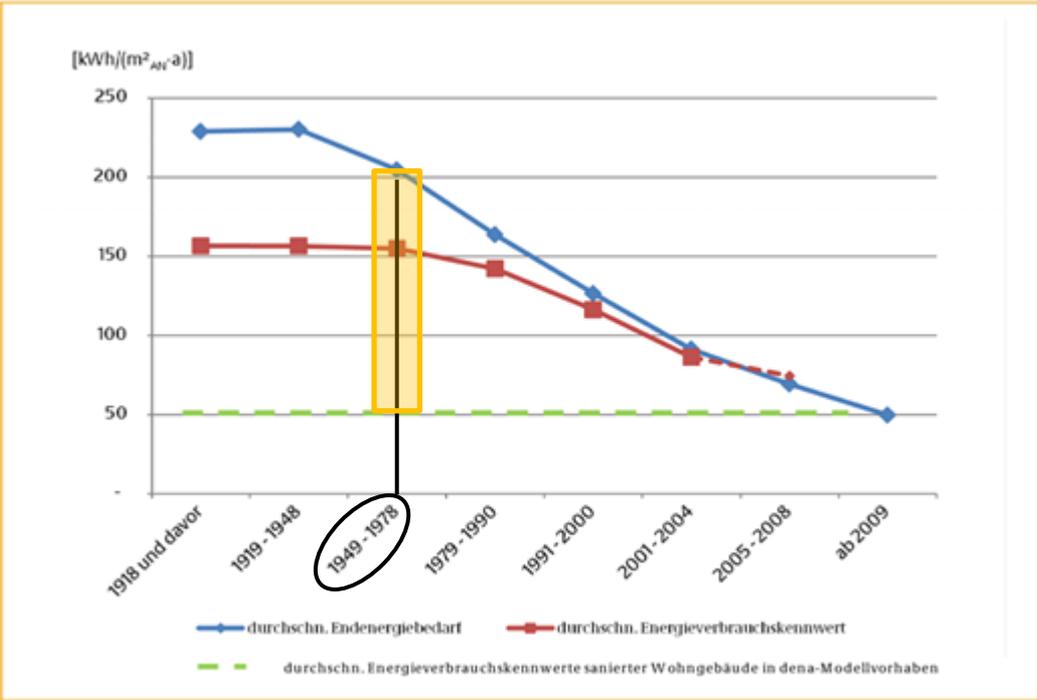


# Inhalte und Ziele der Kampagne „Wirksam sanieren“

- Die Ziele der Energiewende werden nach aktuellem Stand voraussichtlich nicht erreicht.
  - Mögliche Ursache ist die große Differenz zwischen „Wunsch“ und Wirklichkeit“.
  - In der Praxis die Differenz zwischen rechnerischem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch.

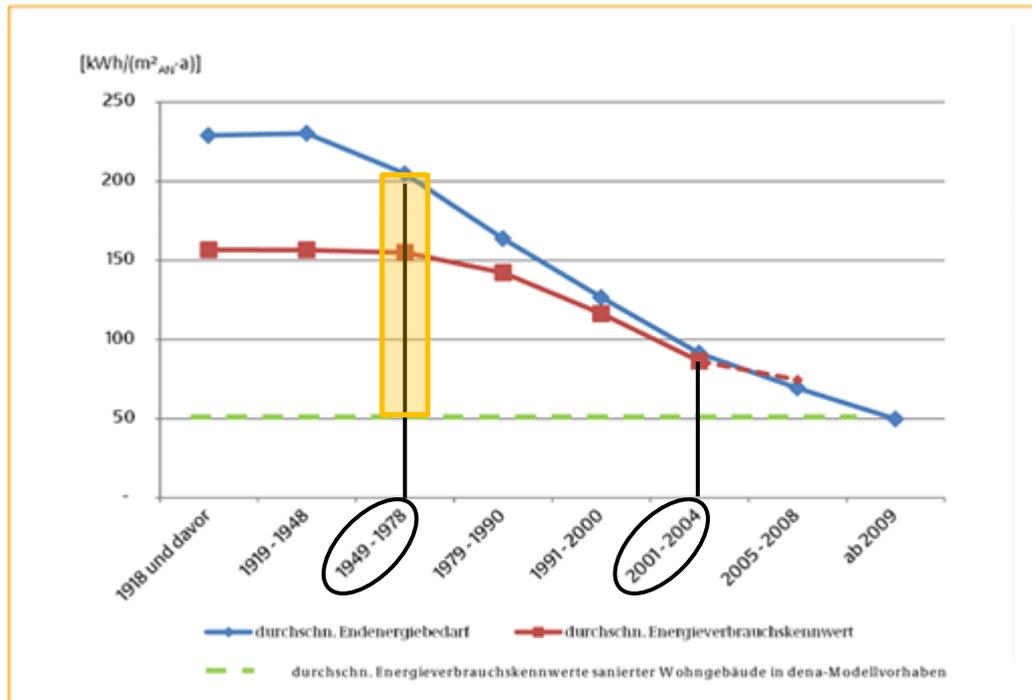


# Inhalte und Ziele der Kampagne „Wirksam sanieren“



Durchschnittlicher Energiebedarfs- und Energieverbrauchskennwert nach Baualter (dena 2012)

# Inhalte und Ziele der Kampagne „Wirksam sanieren“



Durchschnittlicher Energiebedarfs- und Energieverbrauchskennwert nach Baualter (dena 2012)

## Folgen:

- Prognostizierte Einsparungen, CO<sub>2</sub>-Minderung und Amortisationszeiten treten nicht ein!
- Anlagen werden überdimensioniert, was die Effizienz mindert!



# Inhalte und Ziele der Kampagne „Wirksam sanieren“

- Die Ziele der Energiewende werden nach aktuellem Stand voraussichtlich nicht erreicht.
  - Mögliche Ursache ist die große Differenz zwischen „Wunsch“ und Wirklichkeit“.
  - In der Praxis die Differenz zwischen rechnerischem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch.
- Auswertung von 200 Feldanlagen
  - Energiesparkonto von co2online vorwiegend Einfamilienhäuser
  - Objekte der Wohnungswirtschaft (Ostfalia) – Mehrfamilienhäuser



# Inhalte und Ziele der Kampagne „Wirksam sanieren“

- Erste Schwerpunkte bei Objekten mit umfangreichen Dämmmaßnahmen bzw. Erneuerung des Wärmeerzeugers (Kesseltausch)
- Erste Ergebnisse auf Basis der verbrauchsorientierten E-A-V (Energieanalyse aus dem Verbrauch)
- Nachweis der realen Sanierungswirkung von Maßnahmen
- Empfehlungen für:
  - Technische Umsetzungen, Qualitätssicherung, Monitoring
  - Politische Rahmenbedingungen
  - Verbraucherkommunikation
  - Wirtschaft/Industrie



# GRUNDLAGEN ZUR ERSTELLUNG VON ENERGIEBILANZEN MITTELS EAV



# Herkömmliche Darstellung von Verbräuchen im chronologischen Verlauf

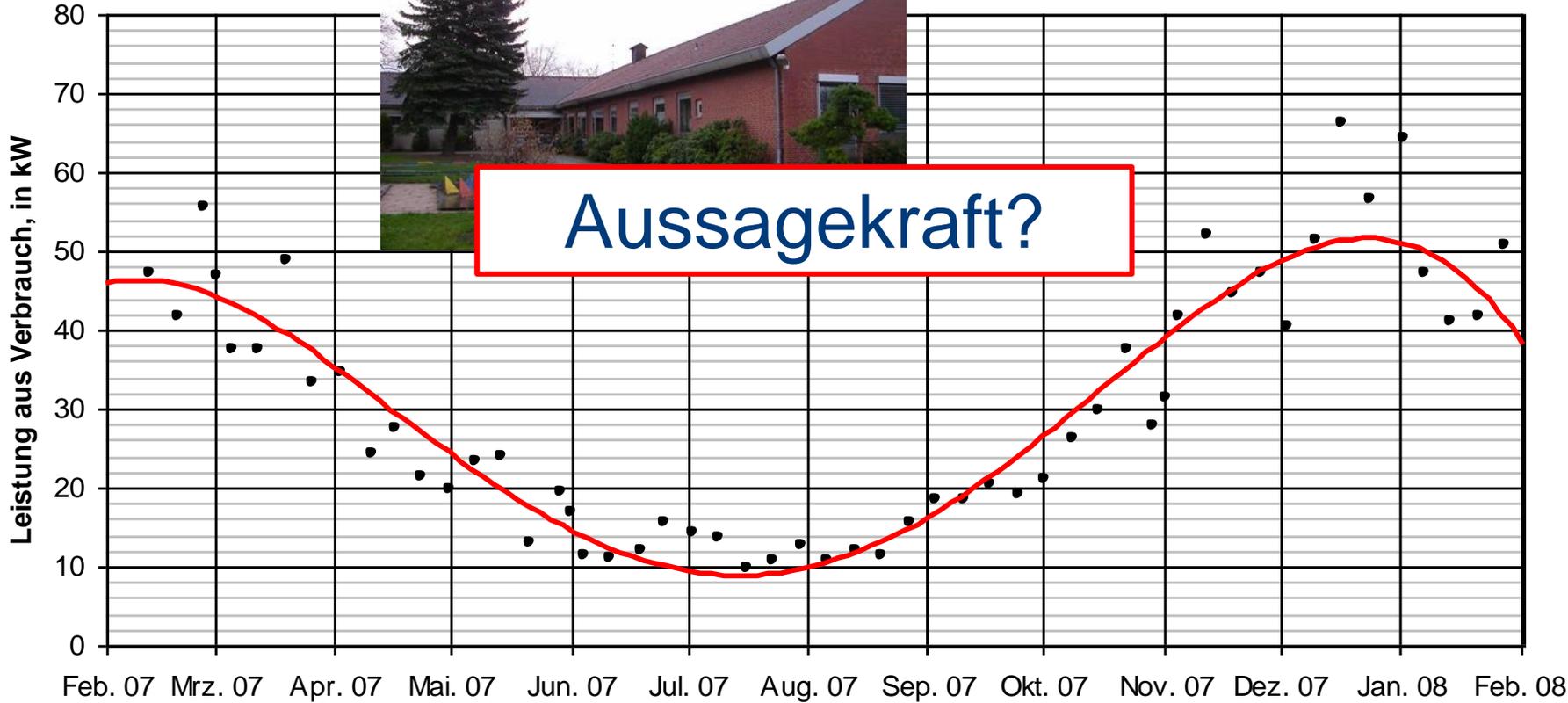


# Elm 1+2, Wärme Gesamt - vor Sanierung

- Messpunkte
- Polynomisch (Messpunkte)



Aussagekraft?





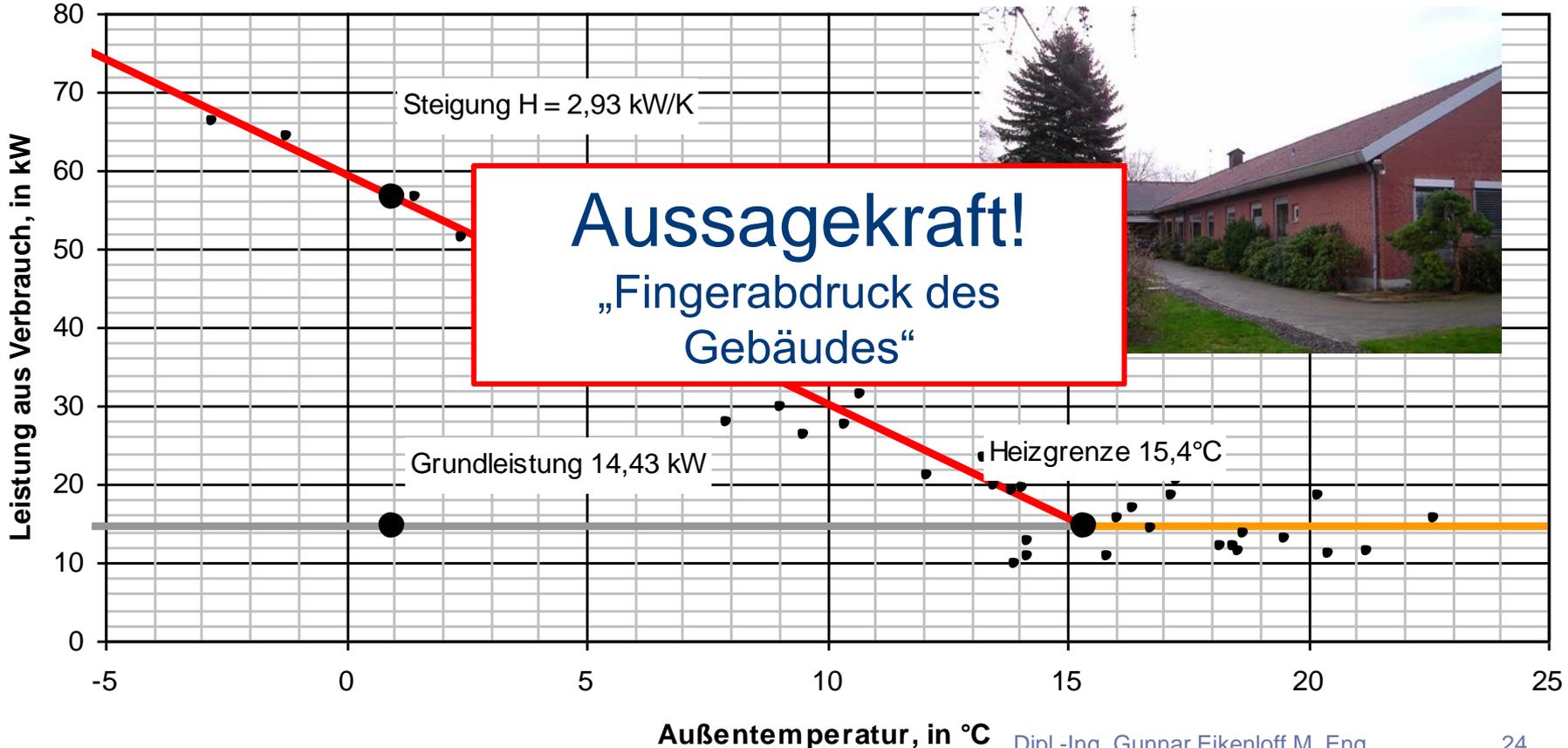
# Die „etwas andere Art“ der Darstellung von Verbräuchen durch die E-A-V



**Energieanalyse aus dem Verbrauch**  
**Elm 1+2, Wärme Gesamt - vor Sanierung**

Baujahr 1971 – 1.738 m<sup>2</sup>

- Messpunkte
- Winterleistung
- Sommerleistung





# EINSPARPROGNOSEN NACH BESTANDSERFASSUNG



## E-A-V als Nachweisinstrument

Qualitätsnachweis der zuvor vorhandenen Strukturen und später umgesetzten Maßnahmen an:

- **Gebäudehülle und**
- **Anlagentechnik**

aus unterjähriger Verbrauchserfassung vor und hinter dem Wärmerezeuger

am Beispiel der ...straße



## Zu untersuchende Objekte

Versorgte Gebäude	Standort der Zentrale	Baujahr	Wohn-einheiten	Wohnfläche AEB [m <sup>2</sup> ]	Anlagen-baujahr	Energie-träger	Energieverbrauch (inkl. TWW) [kWh Hs/(m <sup>2</sup> a)]
		1964	15	1.080,71	1992	Gas	166,5
		1964	18	1.471,48	1992	Gas	140,0
		1964	24	1.828,08	1992	Gas	135,6

Drei Eingänge mit zentraler Kesselanlage in Eingang Nummer ...



## Erfasste Zählerstände

Ableседatum	Gaszähler	Gasverbrauch	WMZ nach Kessel	Wärmemenge	WMZ WWB	Wärmemenge WW
Zählernummer						
Einheit	[m <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
17.12.2013	101.428,92		2.981,00		1.660,00	
15.01.2014	104.387,18	29.582,60	19.931,00	16.950,00	4.198,00	2.538,00
11.02.2014	107.867,77	34.805,90	40.888,00	20.957,00	8.110,00	3.912,00
20.03.2014	111.286,56	34.187,90	59.614,00	18.726,00	13.583,00	5.473,00
22.04.2014	113.364,12	20.775,60	69.299,00	9.685,00	18.073,00	4.490,00
16.05.2014	114.511,93	11.478,10	73.676,00	4.377,00	21.218,00	3.145,00
19.06.2014	115.498,20	9.862,70	75.306,00	1.630,00	25312	4.094,00



# Gegenüberstellung Endenergie - Nutzwärme

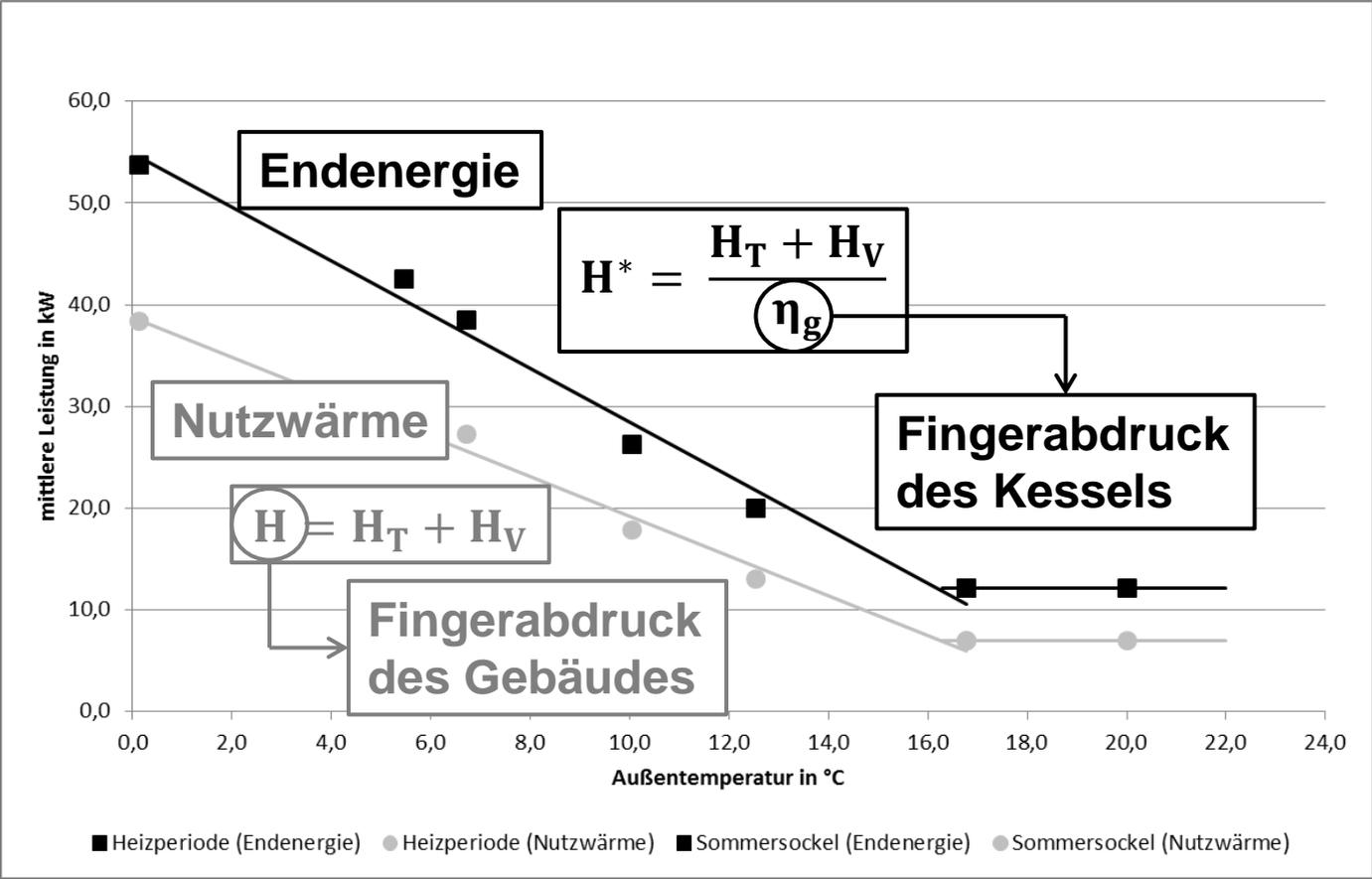


# Energetischer Fingerabdruck Endenergie - Nutzwärme

- Mittlere Leistungen aus  
zugeführter Endenergie (Erdgas)  
bzw. abgegebener Nutzwärme (Wärmemengenzähler)  
mittels Division der monatlichen Verbräuche  
durch den Ablesezeitraum
- Auftragung der mittleren Leistungen  
über den mittleren Außentemperaturen der Ablesezeiträume



# Energetischer Fingerabdruck Endenergie - Nutzwärme





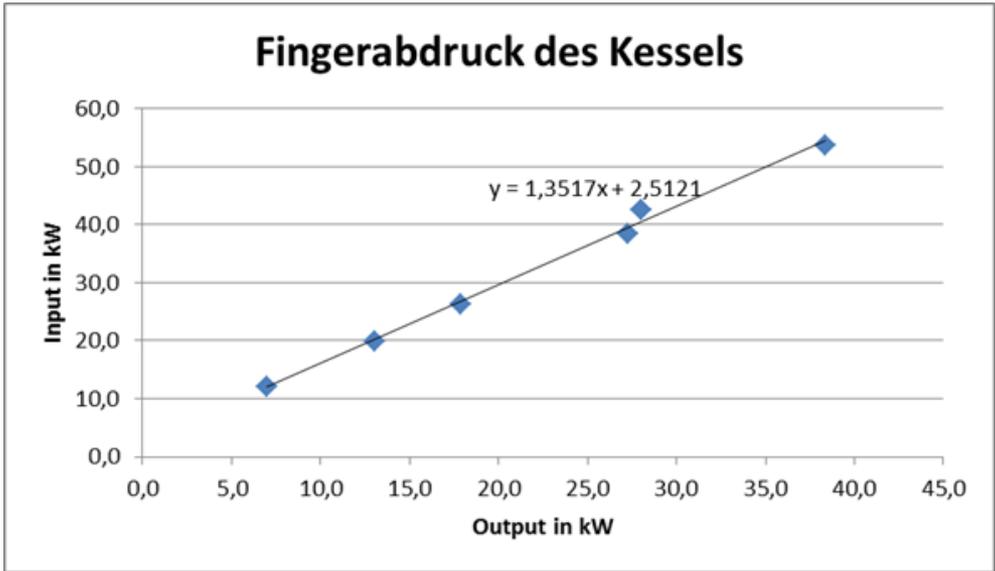
# Fingerabdruck des Kessels



# Fingerabdruck des Kessels

- Gegenüberstellung der zugeführten Energie bzw. Leistung in Form von Erdgas (Input) zu abgegebener Wärme/Leistung an das Heizsystem und die Warmwasserbereitung
- Division der Energiemengen durch die Dauer des Ablesezeitraums ergibt:

Input in kW	Output in kW
42,5	28,0
53,7	38,4
38,5	27,3
26,2	17,9
19,9	13,1
12,1	7,0





# Fingerabdruck des Kessels

## Bekannt:

- Kessel-Nennleistung lt. Typenschild (max. Output): 102 kW
- Kessel-Fingerabdruck:  $\text{Input} = 1,3517 \times \text{Output} + 2,5121 \text{ kW}$

## Bestimmbar:

- Kessel-Nennbelastung (max. Input): 140,4 kW
- Bereitschaftsverluste (Output = 0 kW): 2,5121 kW ( $q_B = 1,79 \%$ )
- Kesselwirkungsgrad (max. Last): 72,7 %



# Bewertung der Warmwasserbereitung



# Bewertung der Warmwasserbereitung

- Mittlere Leistungen aus abgelesenen Zählerständen der Warmwasserbereitung:

Ableseintervall (Ifd. Nr.)	mittlere TWW-Leistung in kW
1	3,65
2	6,04
3	6,16
4	5,67
5	5,46
6	5,02
<b>Mittelwert:</b>	<b>5,33</b>



## Bewertung der Warmwasserbereitung

- TWW-Kesseloutput: 5,33 kW
- TWW-Kesselinput: 9,72 kW
- Kesselnutzungsgrad bei ausschließlicher TWW-Bereitung: 54,9 %
- Belegung: 39 Personen
- TWW-Output am Kessel:  $5,33 \text{ kW} \times 8.760 \text{ h/a} = \underline{46.691 \text{ kWh/a}}$
- TWW-Nutzen an Zapfstelle: 600...700 kWh/(Pers x a)  
23.400...27.300 kWh/a
- Systemnutzungsgrad (Speicher/Verteilung/Zirkulation): 50,1...58,5 %
- Gesamtwirkungsgrad: 27,5...32,1 % ←



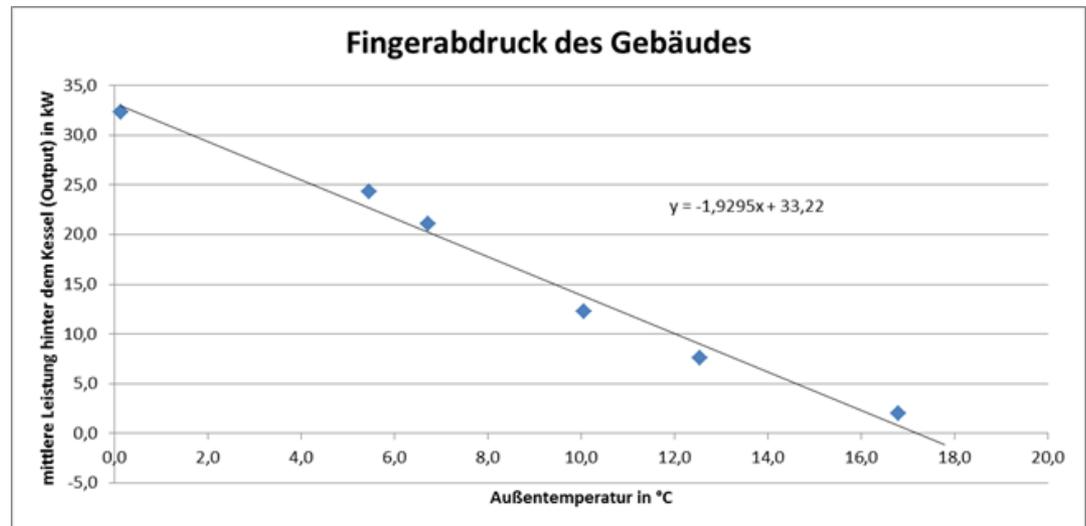
# Fingerabdruck des Gebäudes



# Bewertung der Gebäudequalität (Fingerabdruck des Gebäudes)

- Gegenüberstellung der mittleren Leistung für Raumwärme und der mittleren Außentemperatur in den Ablesezeiträumen:

mittlere Wärmeleistung in kW	mittlere Außentemp in °C
24,4	5,5
32,3	0,1
21,1	6,7
12,2	10,1
7,6	12,5
2,0	16,8





# Bewertung der Gebäudequalität (Fingerabdruck des Gebäudes)

Baujahr 1964 – 1.471 m<sup>2</sup>

## Ablesbar:

- Heizgrenztemperatur: 17°C
- Wärmeverlustkoeffizient (inkl. Verteilverluste): 1,9295 kW/K

## Daraus bestimmbar:

- Dauer der Heizperiode: 296 d/a
- Mittlere Außentemperatur der Heizperiode: 7,4°C
- Normheizlast bei -14°C: 65,6 kW
- Mittlere Heizleistung in der Heizperiode (Kesseloutput): 18,94 kW
- Mittlere Kesselbelastung in der Heizperiode (Kesselinput): 28,12 kW
- Kesselnutzungsgrad der ausschließlichen Raumheizung: 67,4 %



# Jahresnutzungsgrad



## Jahresnutzungsgrad

Aus den zuvor bestimmten Kenngrößen und Wärmemengen ergeben sich folgende Randdaten:

	Bezugsdauer in h/a	Out- Leistung in kW	Out- Energienmenge in kWh/a	In- Leistung in kW	In- Energienmenge in kWh/a
Sommer	1.656	5,33	8.830	9,72	16.096
Winter	7.104	24,27	172.442	35,32	250.936
<b><u>Gesamt</u></b>	8.760		<b><u>181.272</u></b>		<b><u>267.031</u></b>

und somit ein Jahres-Nutzungsgrad von: 67,9 %



# Einsparprognose Wärmedämmung



## Einsparprognosen Wärmedämmung

	Heizgrenze in °C	Heizperioden- dauer in d/a	Mittlere Außentemp. der HP in °C	$H_T + H_V$ in kW/K
Bestand	17	296	7,4	1,9295
Modernisiert ( $t_{HG} = 17^\circ\text{C}$ )	17	296	7,4	1,0335
Modernisiert ( $t_{HG} = 15^\circ\text{C}$ )	15	270	6,1	1,0335

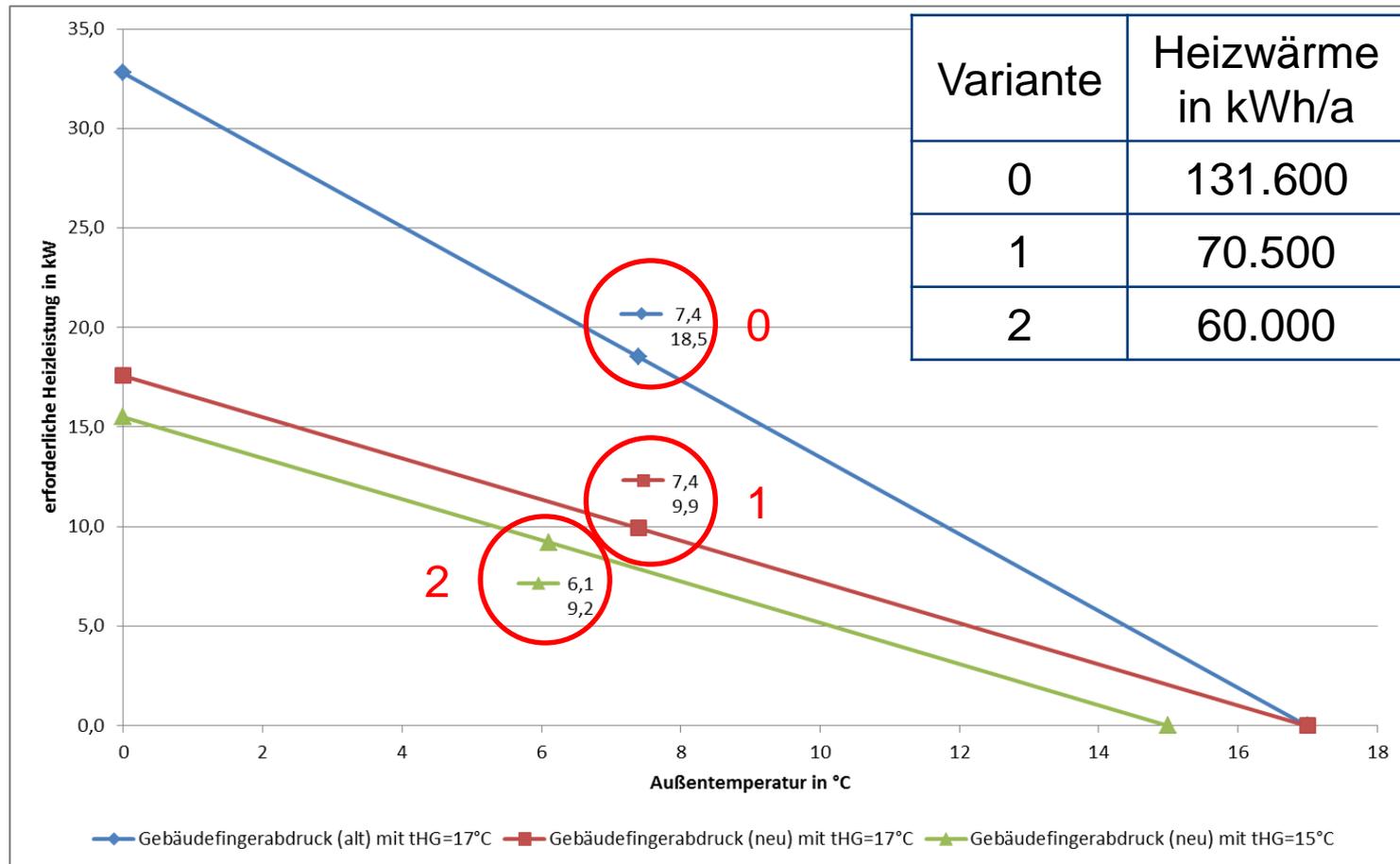
Änderung der Transmissionswärmeverluste durch Fassadendämmung  
an den Außenwänden mit

$$U_{\text{alt}} = 1,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ auf } U_{\text{neu}} = 0,24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$



# Einsparprognosen Wärmedämmung

Baujahr 1964 – 1.471 m<sup>2</sup>





# Einsparprognose Kesseltausch

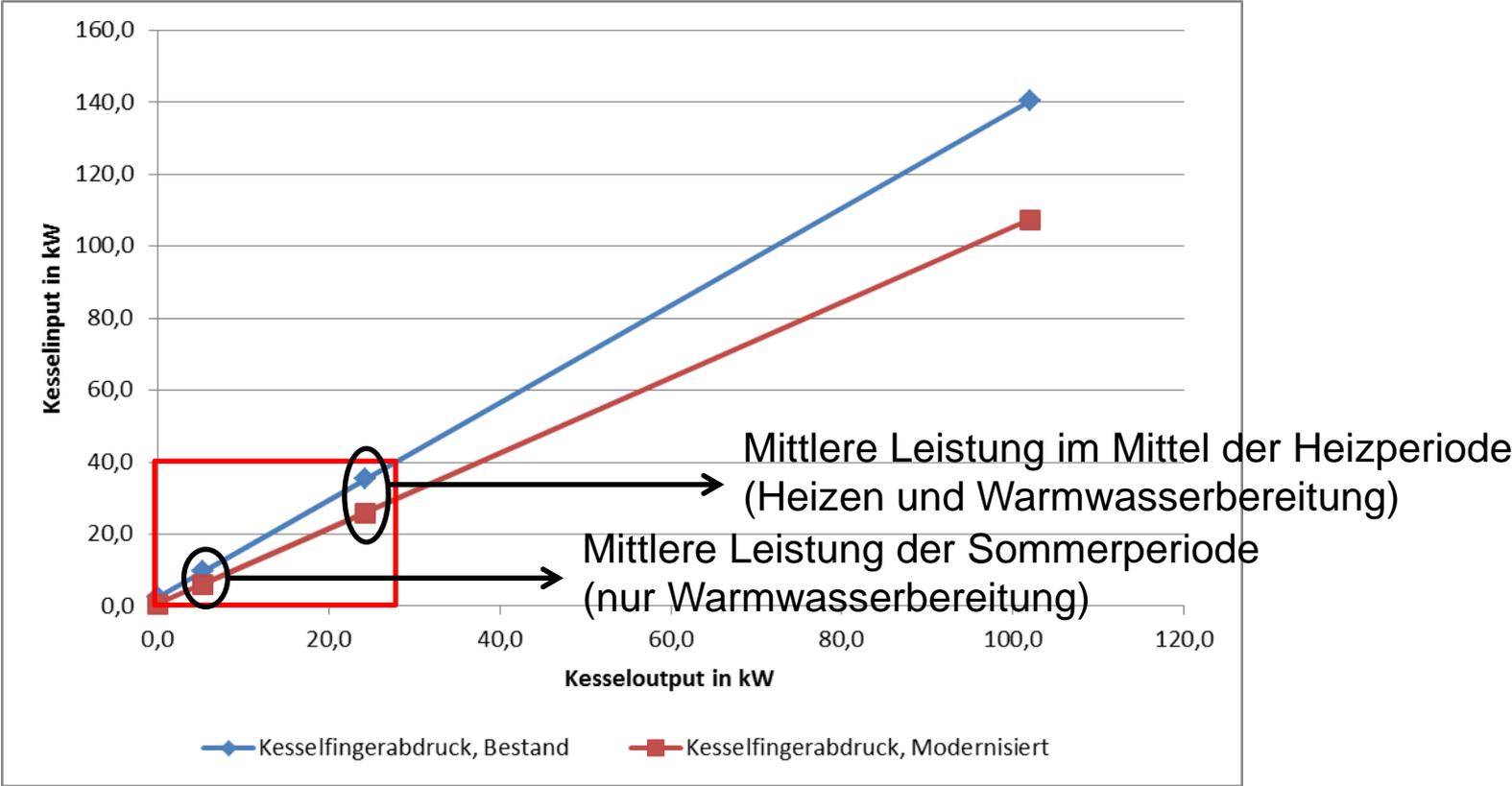


## Einsparprognosen Kesseltausch

	Nennleistung in kW	Nennbelastung in kW	Wirkungsgrad in %	Bereitschafts- verluste in %
Bestand	102,0	140,4	72,7	1,79
Modernisiert	102,0	107,4	95,0	0,5

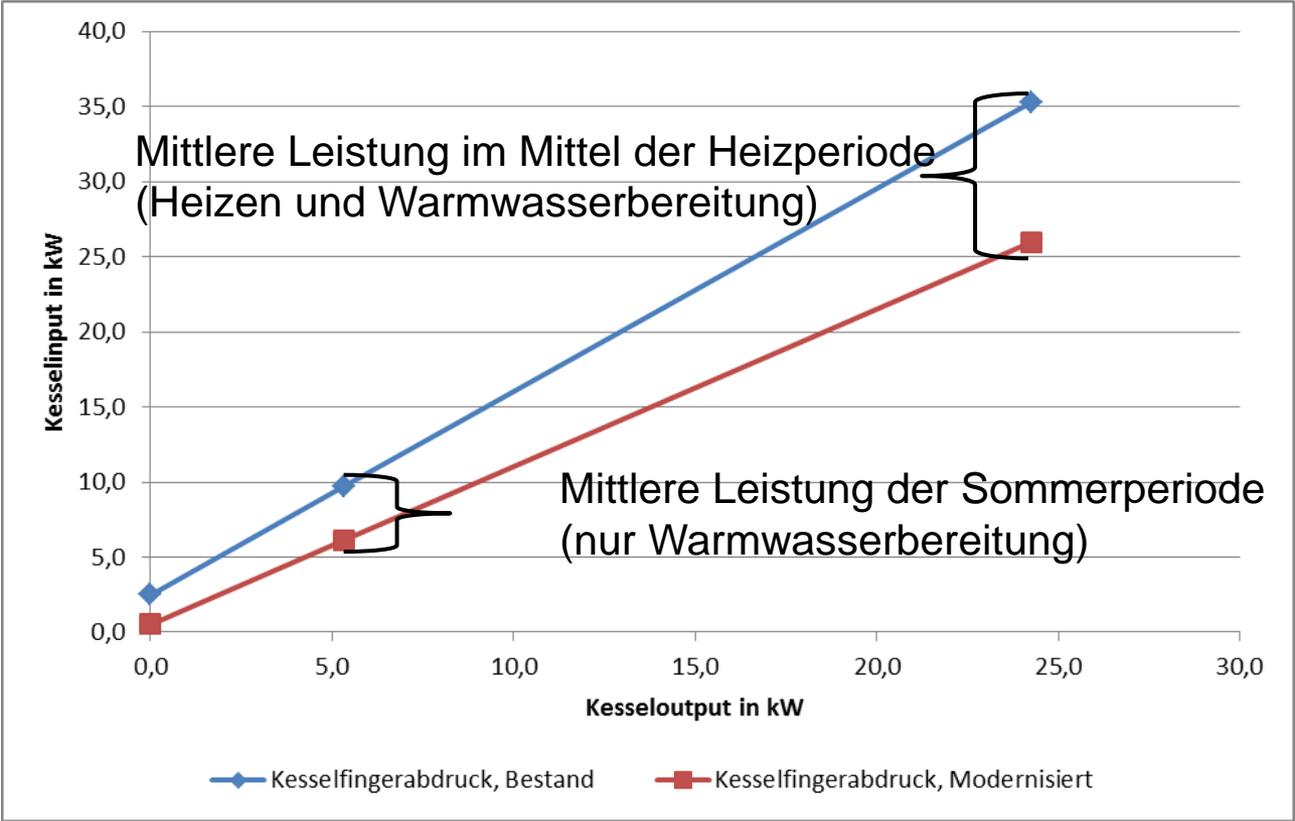


# Einsparprognosen Kesseltausch





# Einsparprognosen Kesseltausch





# Einsparprognosen Kesseltausch

Baujahr 1964 – 1.471 m<sup>2</sup>

- Bilanz mit Bestandskessel:

	Leistung [kW]		Energie [kWh/a]		
	Sommer	HP	Sommer	HP	Summe
<b>In</b>	9,71	35,30	16.083	250.754	266.837
<b>Out</b>	5,33	24,27	8.826	172.414	181.241
<b>[h/a] Dauer</b>	1.656	7.104	1.656	7.104	8.760

- Bilanz nach Kesseltausch:

	Leistung [kW]		Energie [kWh/a]		
	Sommer	HP	Sommer	HP	Summe
<b>In</b>	6,12	25,96	10.134	184.395	194.528
<b>Out</b>	5,33	24,27	8.826	172.414	181.241
<b>[h/a] Dauer</b>	1.656	7.104	1.656	7.104	8.760

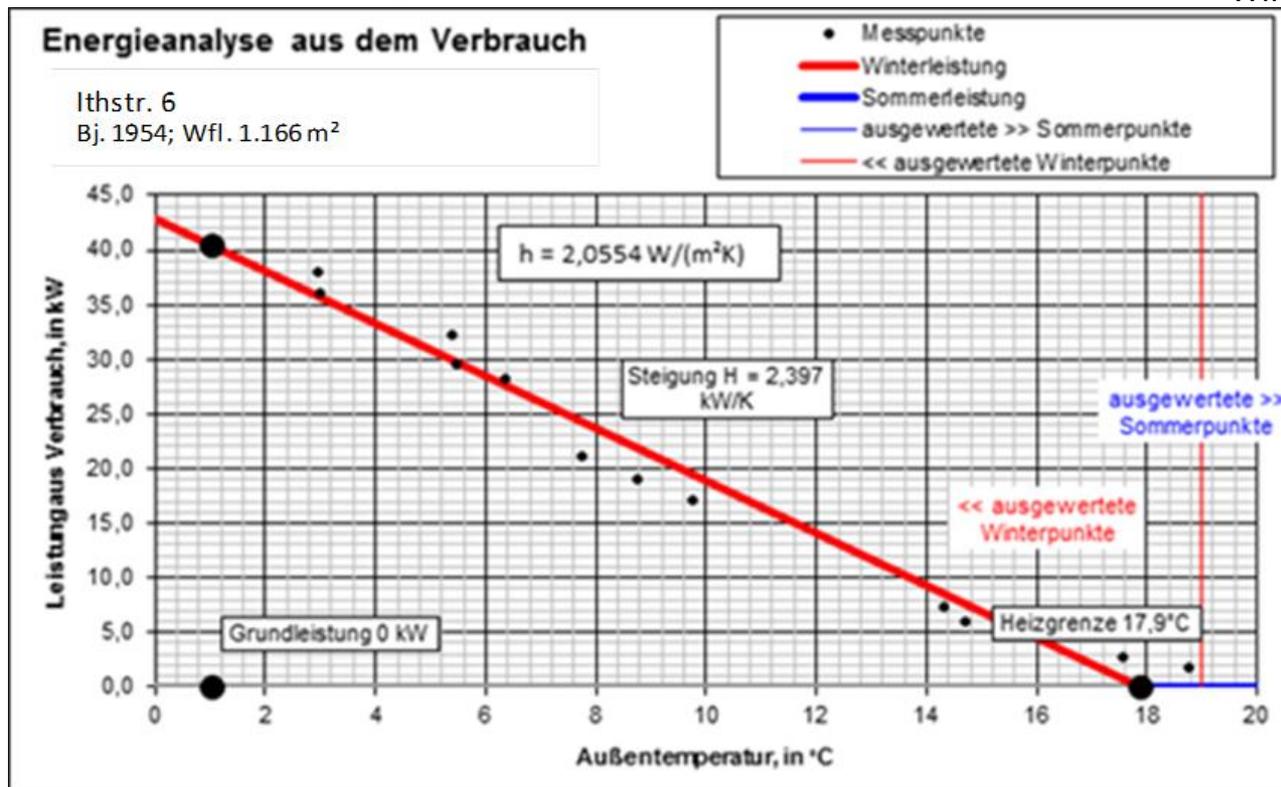


# Reale Sanierungswirkung bei untersuchten Feldanlagen

# SANIERUNGSSTANDARD NACH ENEV-ANFORDERUNGEN

# Qualität der Gebäudehülle nach geltender EnEV

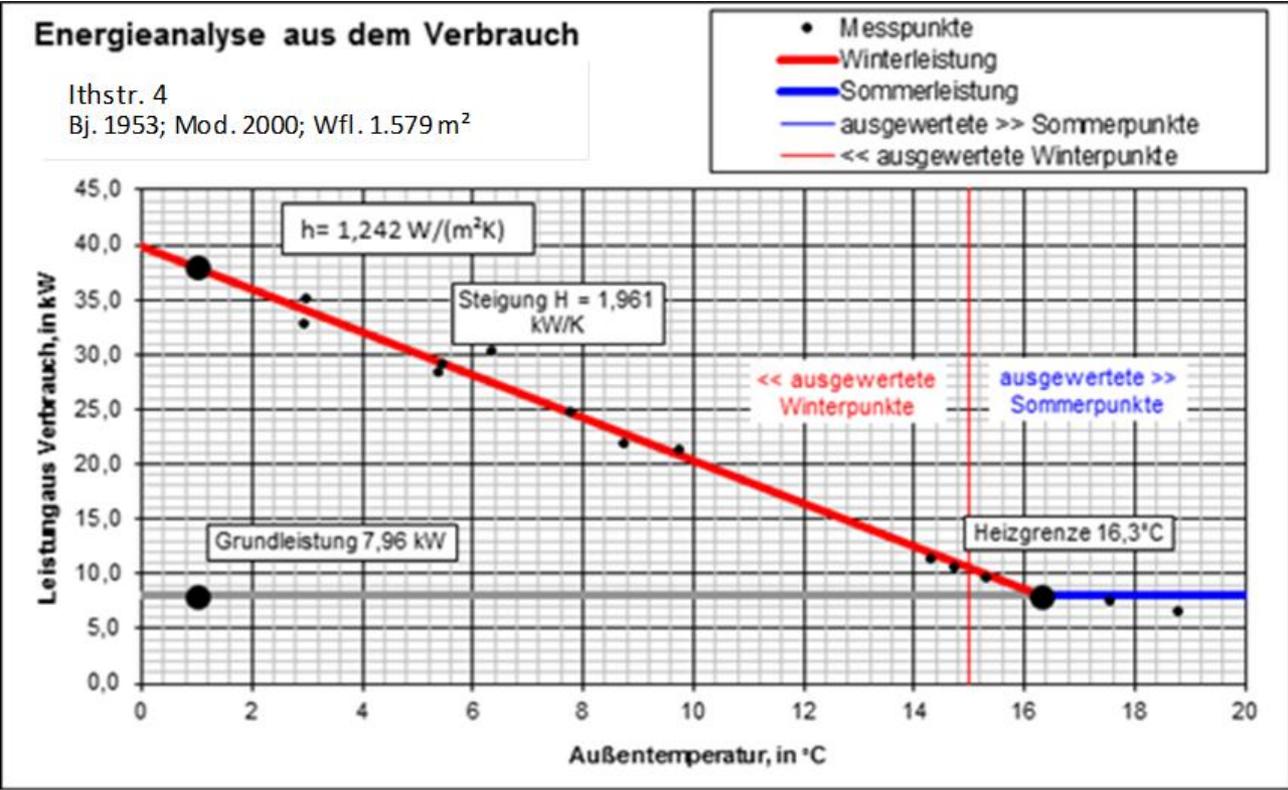
Unsanierter Zustand – Baujahr 1954 – 1.166 m<sup>2</sup> –  $h = 2,055 \text{ W/m}^2_{\text{Wfl}}\text{K}$





# Qualität der Gebäudehülle nach geltender EnEV

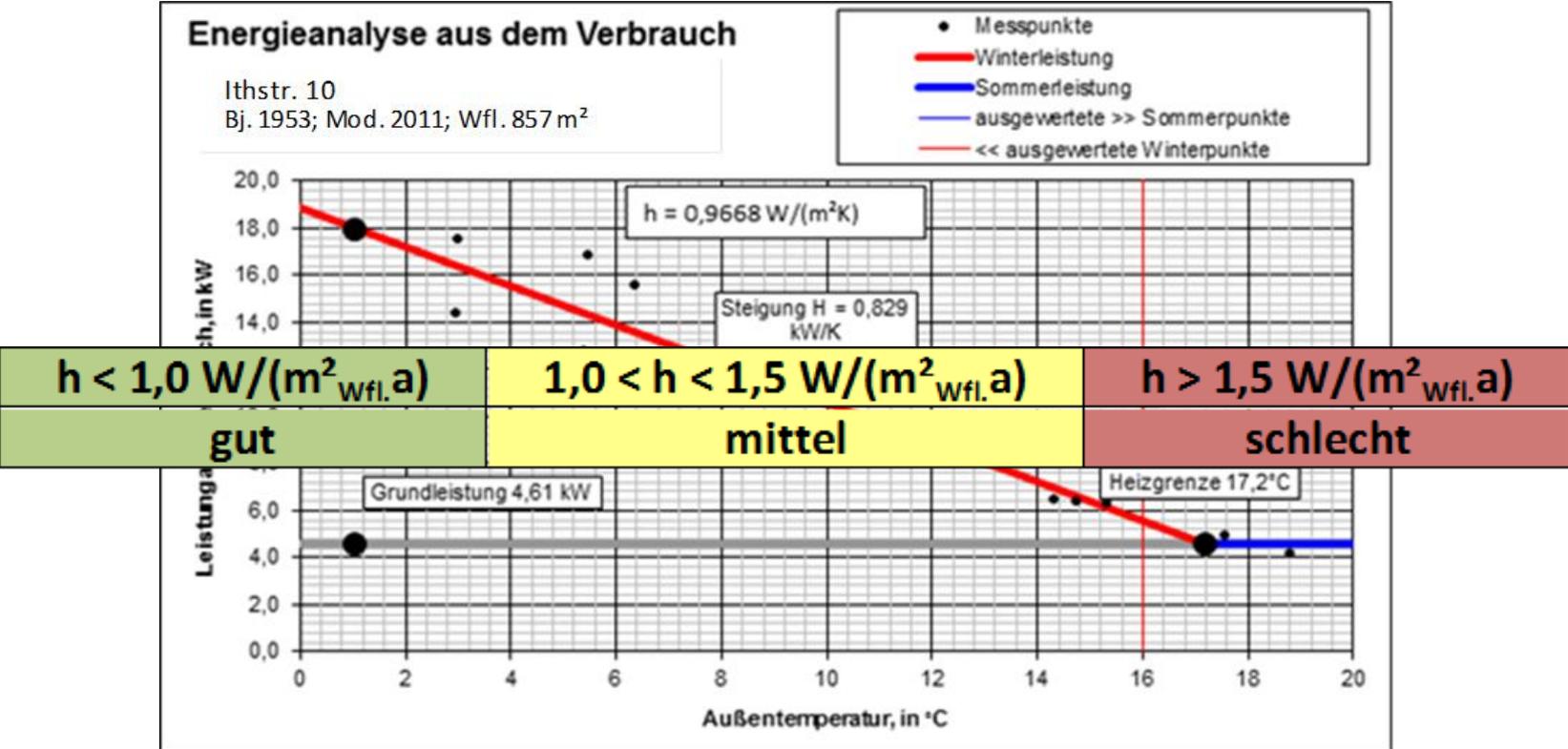
Saniertes Zustand – 2000 – 1.579 m<sup>2</sup> –  $h = 1,242 \text{ W/m}^2_{\text{Wfl}}\text{K}$





# Qualität der Gebäudehülle nach geltender EnEV

Sanierter Zustand – 2011 – 857 m<sup>2</sup> –  $h = 0,967 \text{ W/m}^2_{\text{Wfl}}\text{K}$





# Reale Sanierungswirkung bei untersuchten Feldanlagen

# SANIERUNGSWIRKUNG FASSADENDÄMMUNG



# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Maßnahmen)

Bauteil	unsaniert		saniert	
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U-alt [W/m <sup>2</sup> K]	Maßnahme	U-neu [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwand	672,86	1,481	14 cm WLG032	0,198
Fenster	258,69	1,309	< 0,95 W/m <sup>2</sup> K	0,950
Kellerdecke	413,91	0,386	10 cm WLG032	0,175
oberster Gebäudeabschluss	417,07	1,350	24 cm WLG035	0,132
<b>Summe:</b>	1.762,53			



# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Energiebilanz)

Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>

Rechnerischer Bedarf nach **EnEV**  
im Bestand (**B**) und  
nach Modernisierung (**M**)  
Realer Verbrauch nach **E-A-V**  
im Bestand (**B**) und  
nach Modernisierung (**M**)

Kurzzeichen		EnEV-B	EnEV-M	EAV-B	EAV-M
H	kW/K	2,926	1,200	1,820	0,900
t <sub>HG</sub>	°C	15,0	10,0	15,0	15,0
t <sub>a,m,HP</sub>	°C	6,5	3,7	6,5	6,5
Z <sub>a,m,HP</sub>	d/a	275	187	275	275

ΔH	kW/K	1,726		0,920	
----	------	-------	--	-------	--

Q <sub>H</sub>	kWh/a	164.149	33.929	102.102	50.490
ΔQ <sub>H</sub>	kWh/a	130.219		51.612	

q <sub>H</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	180,4	37,3	112,2	55,5
Δq <sub>H</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	143,1		56,7	

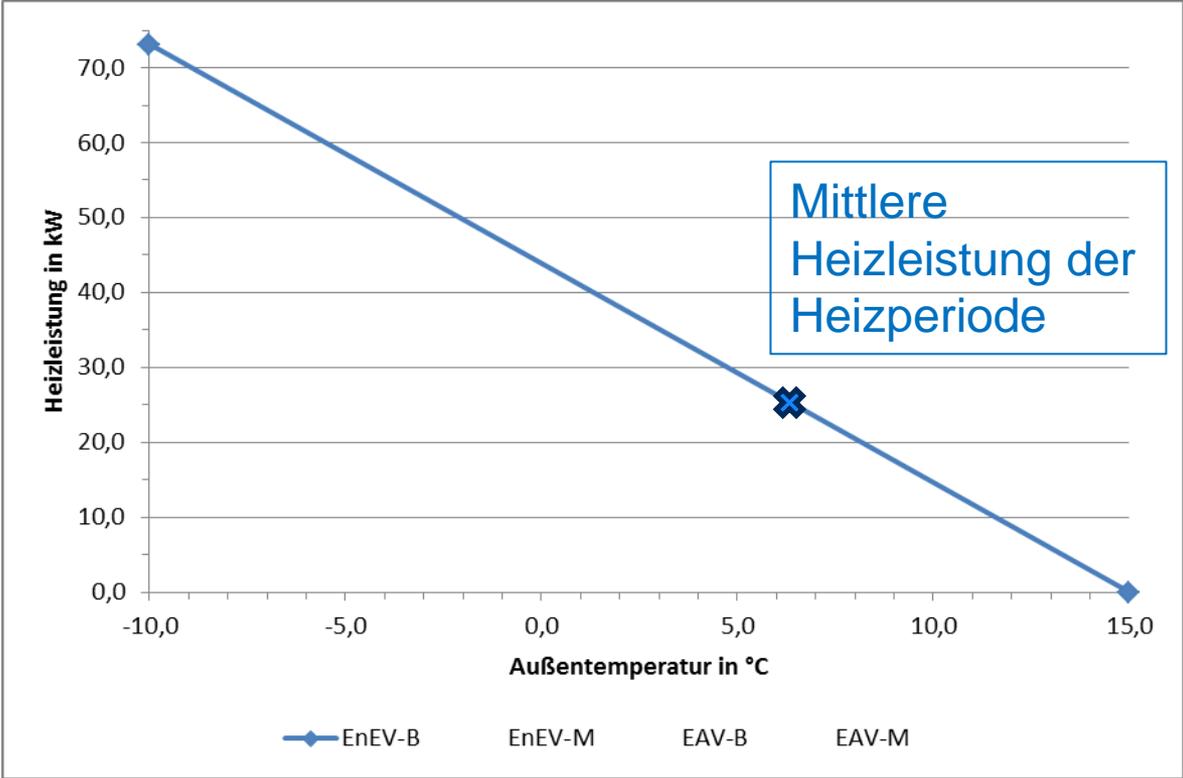
**Energiebilanz**

- Kurzzeichen Beschreibung
- EnEV-B EnEV-Nachweis für Bestand mit t<sub>HG</sub>=15°C
- EnEV-M EnEV-Nachweis für Bestand mit t<sub>HG</sub>=10°C
- EAV-B Energieanalyse aus dem Verbrauch mit realer t<sub>HG</sub> = 15°C
- EAV-M Energieanalyse aus dem Verbrauch mit realer t<sub>HG</sub> = 15°C



# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Auswertung)

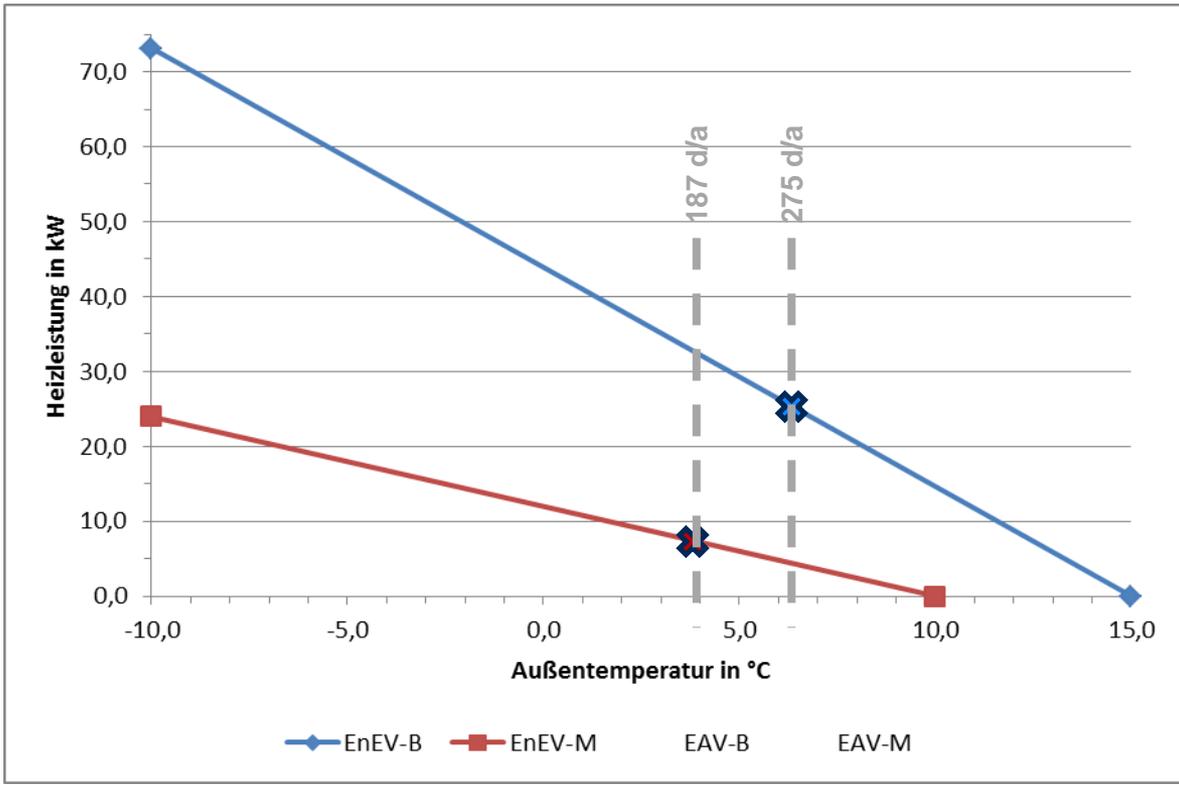
Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>





# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Auswertung)

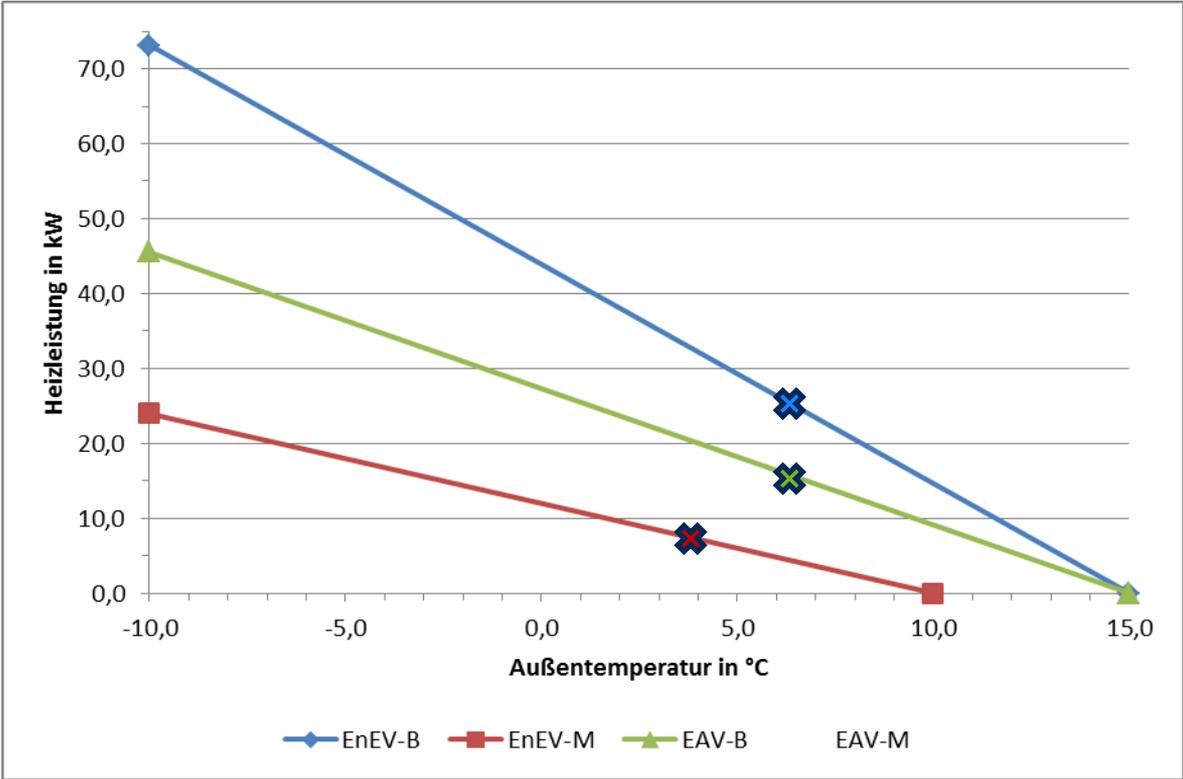
Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>





# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Auswertung)

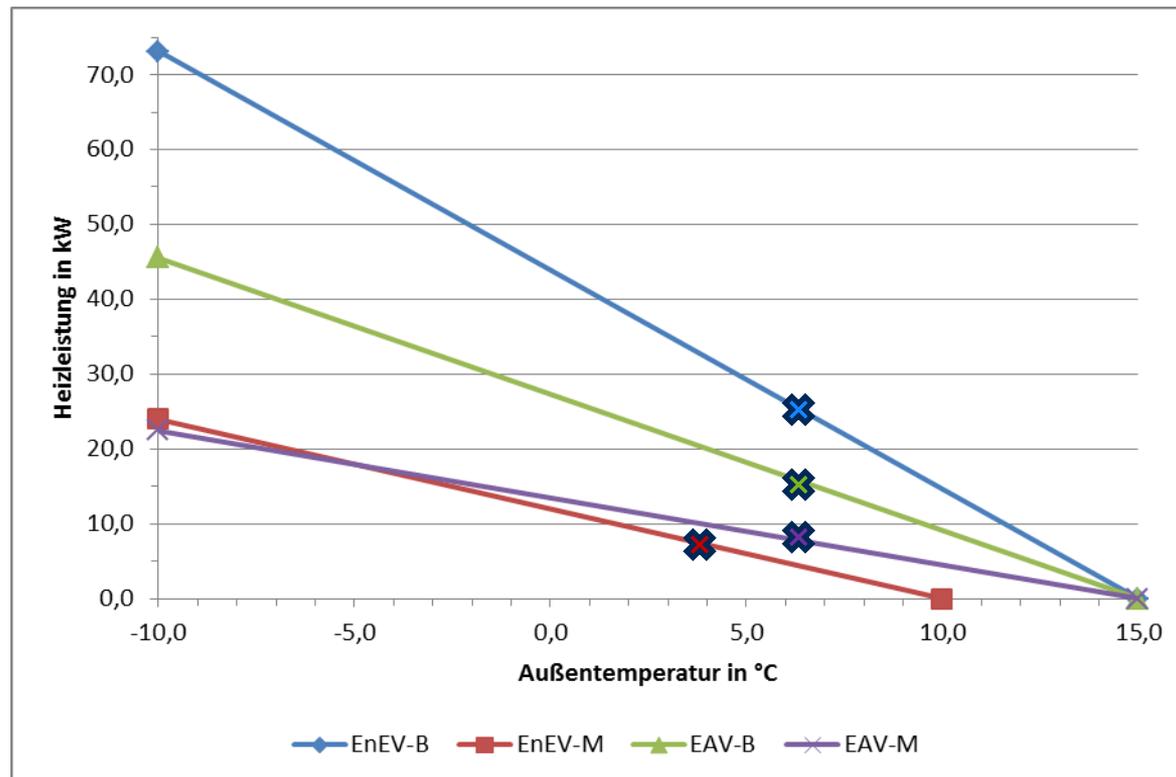
Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>





# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Auswertung)

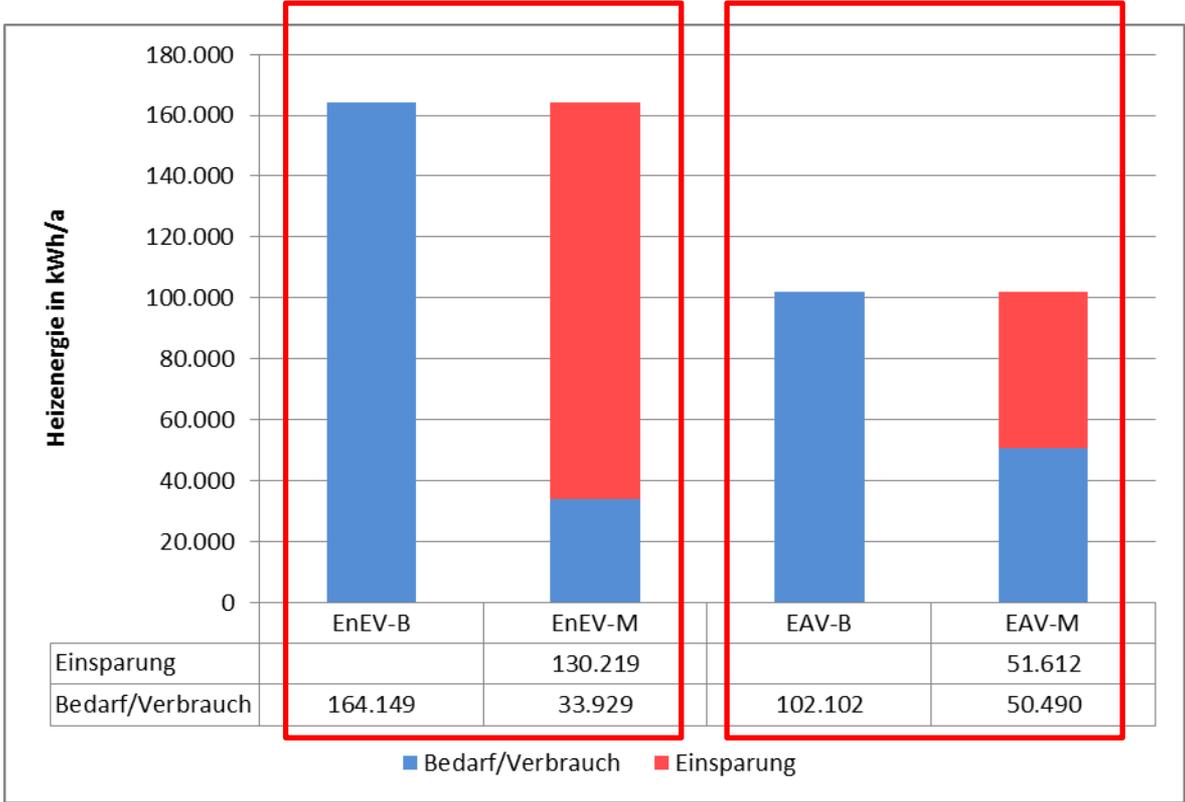
Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>



# Ganzheitliche Gebäudedämmung (Auswertung)

Baujahr 1970 – 982 m<sup>2</sup>

**berechneter Bedarf**    **realer Verbrauch**

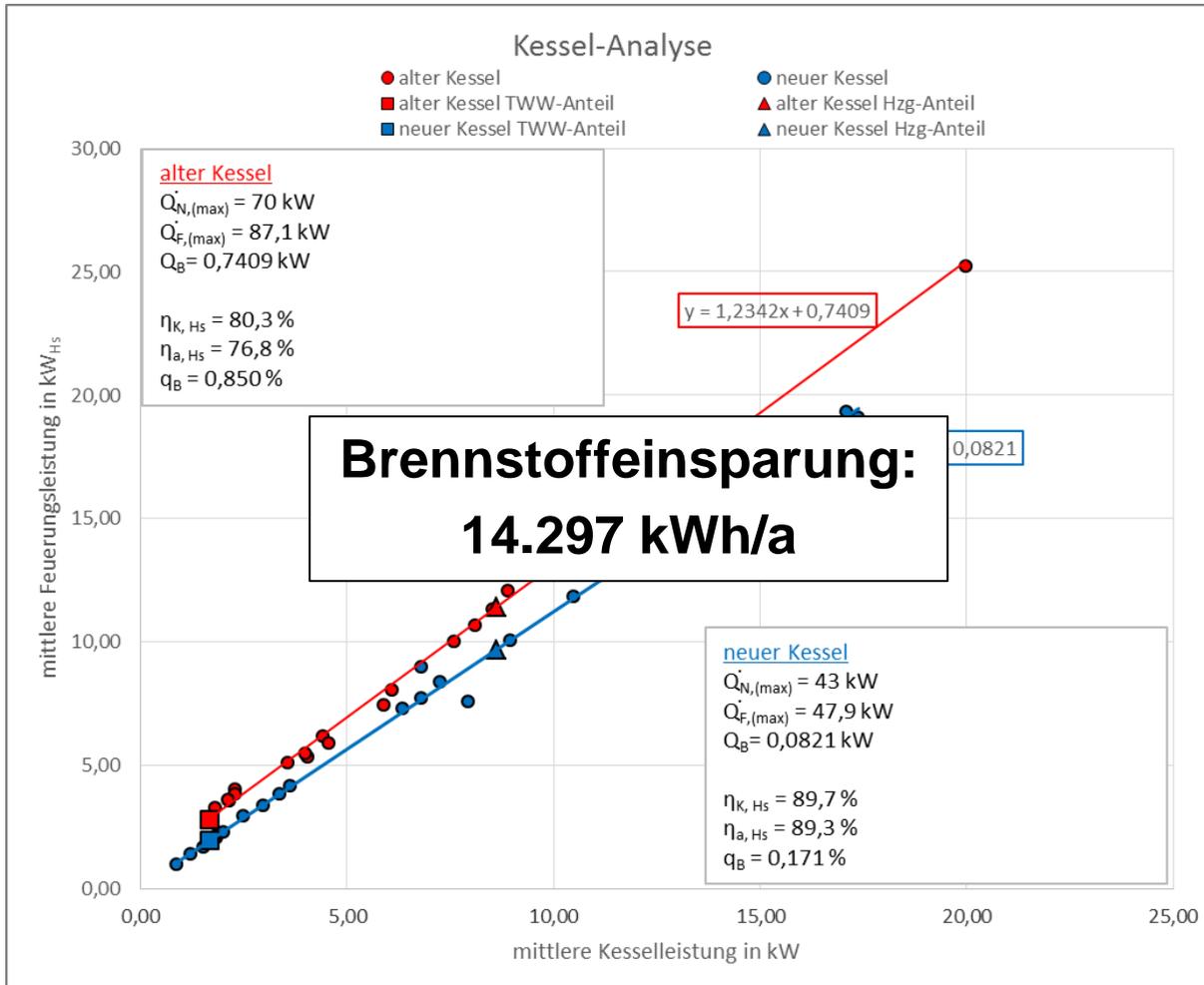




**Reale Sanierungswirkung  
bei untersuchten Feldanlagen**

# **SANIERUNGSWIRKUNG KESSELTAUSCH**

# Kesseltausch



- Reduzierung der Kesselleistung durch verbrauchergerechte Auslegung:  
 **$70 \text{ kW} \rightarrow 43 \text{ kW}$**
- Steigerung des Kesselwirkungsgrads:  
 **$80,3 \% \rightarrow 89,7 \%$**
- Minimierung der Bereitschaftsverluste:  
 **$0,85 \% \rightarrow 0,17 \%$**
- Steigerung des Jahresnutzungsgrads:  
 **$76,8 \% \rightarrow 89,3 \%$**



# Vielen Dank...

... für Ihre Aufmerksamkeit!