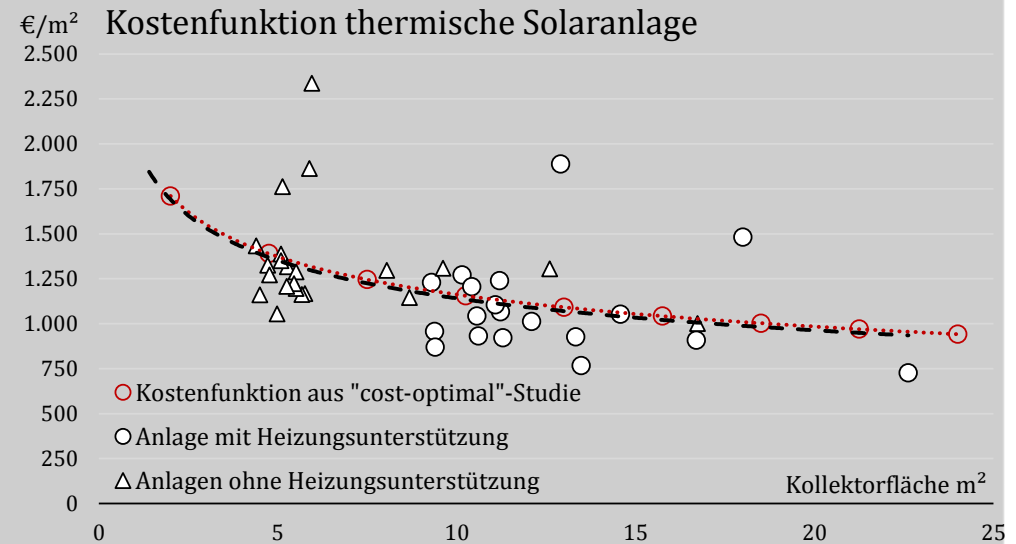


Förderung technischer Anlagen

Kostenvergleich und Förderhöhen

Ministère du Développement durable
et des Infrastructures, MDDI

09. Juni 2016



Inhalt

- ◇ Auswertung von Förderdaten
- ◇ Bestimmung von Kostenfunktionen
- ◇ Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen
- ◇ Förderkosten

Förderdaten ab 2013

◇	1277	Photovoltaikanlagen*
◇	1216	Solaranlagen*
◇	287	Pelletsheizungen*
◇	143	Wärmepumpen Geothermie
◇	107	Scheitholzessel
◇	61	Wärmepumpen Luft
◇	46	Hackschnitzelheizungen
◇	32	Nahwärmenetz
◇	23	Pelletsöfen
◇	10	Nahwärmenetz mit >75% erneuerbaren Anteil

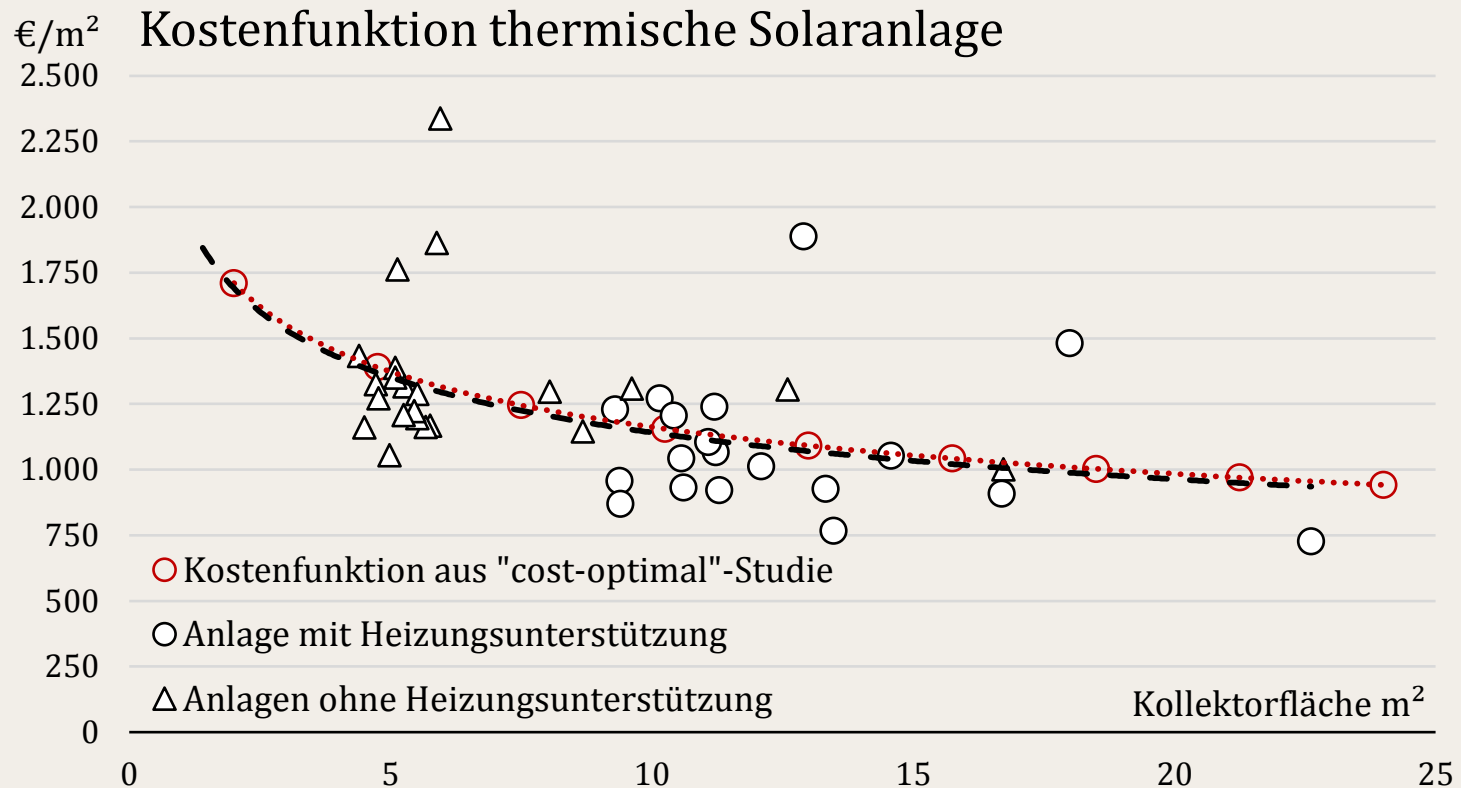
Kostenauswertung (1)

- ❖ Aus der Förderdatenbank sind Kosten und wichtige technische Anlagenbezugskenngößen für folgende Systeme vorhanden:
 - ✓ Pelletsanlagen (Kosten/Leistung)
 - ✓ Solaranlagen (Kosten/Kollektorfläche)
 - ✓ Photovoltaikanlagen (Kosten/Leistung)
- ❖ Für alle anderen Technologien fehlen technische Anlagenbezugskenngößen (Leistung).
- ❖ Spezifisch betrachtet reduzieren sich Technikkosten i.d.R. mit steigender Leistung, sodass nur für einige Systeme Vergleiche angestellt werden können.

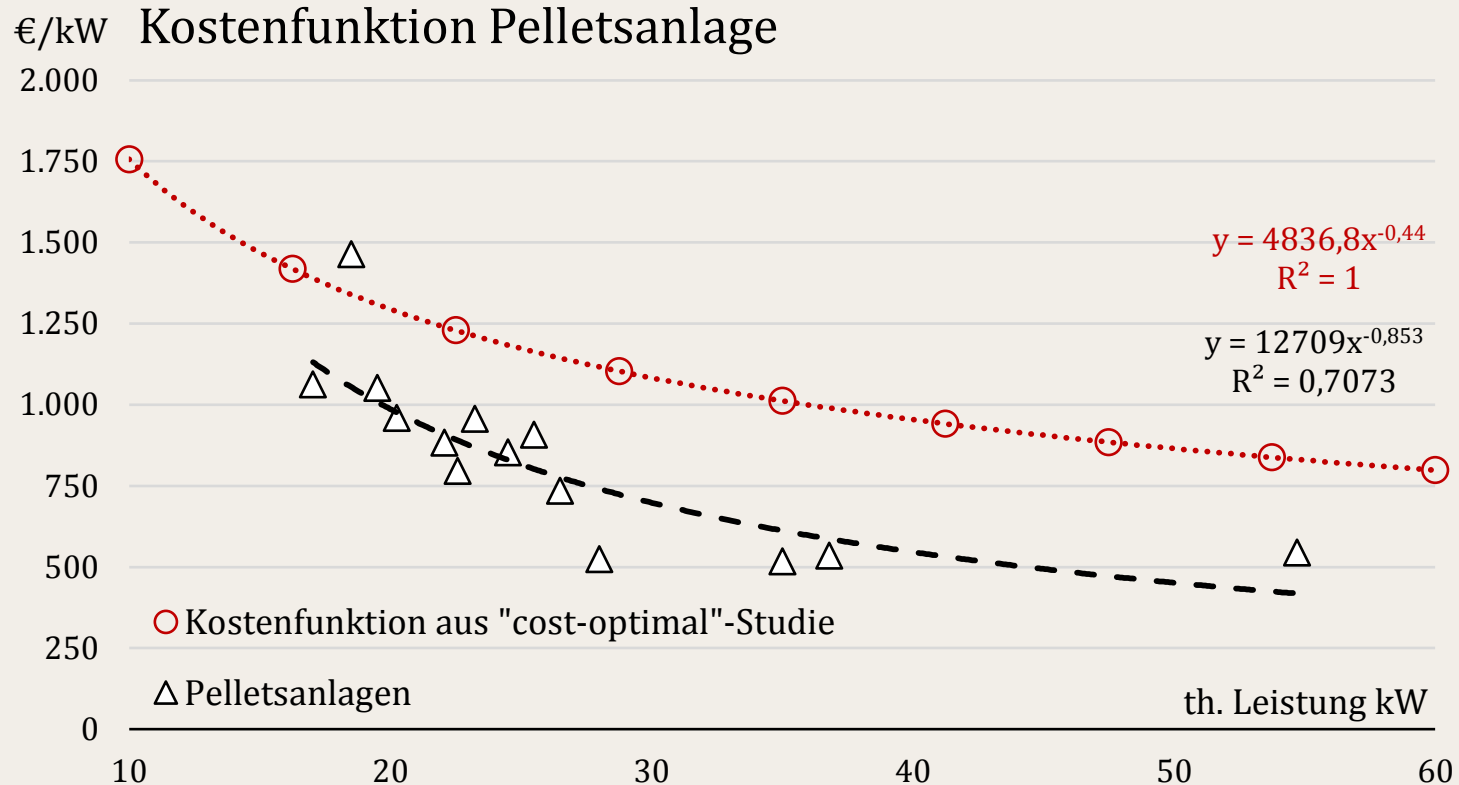
Kostenauswertung (2)

- ❖ Zukünftig sollten alle relevanten Bezugsgrößen mit in die Datenbank aufgenommen werden.
- ❖ Zur Bestimmung der Investitionskosten werden die Angaben aus der Cost-Optimal-Studie (Wirtschaftsministerium) als Bewertungsgrundlage herangezogen.
- ❖ Wenn möglich erfolgt ein Vergleich/Abgleich mit konkreten Förderkosten aus der Datenbank.

Kostenauswertung (3)

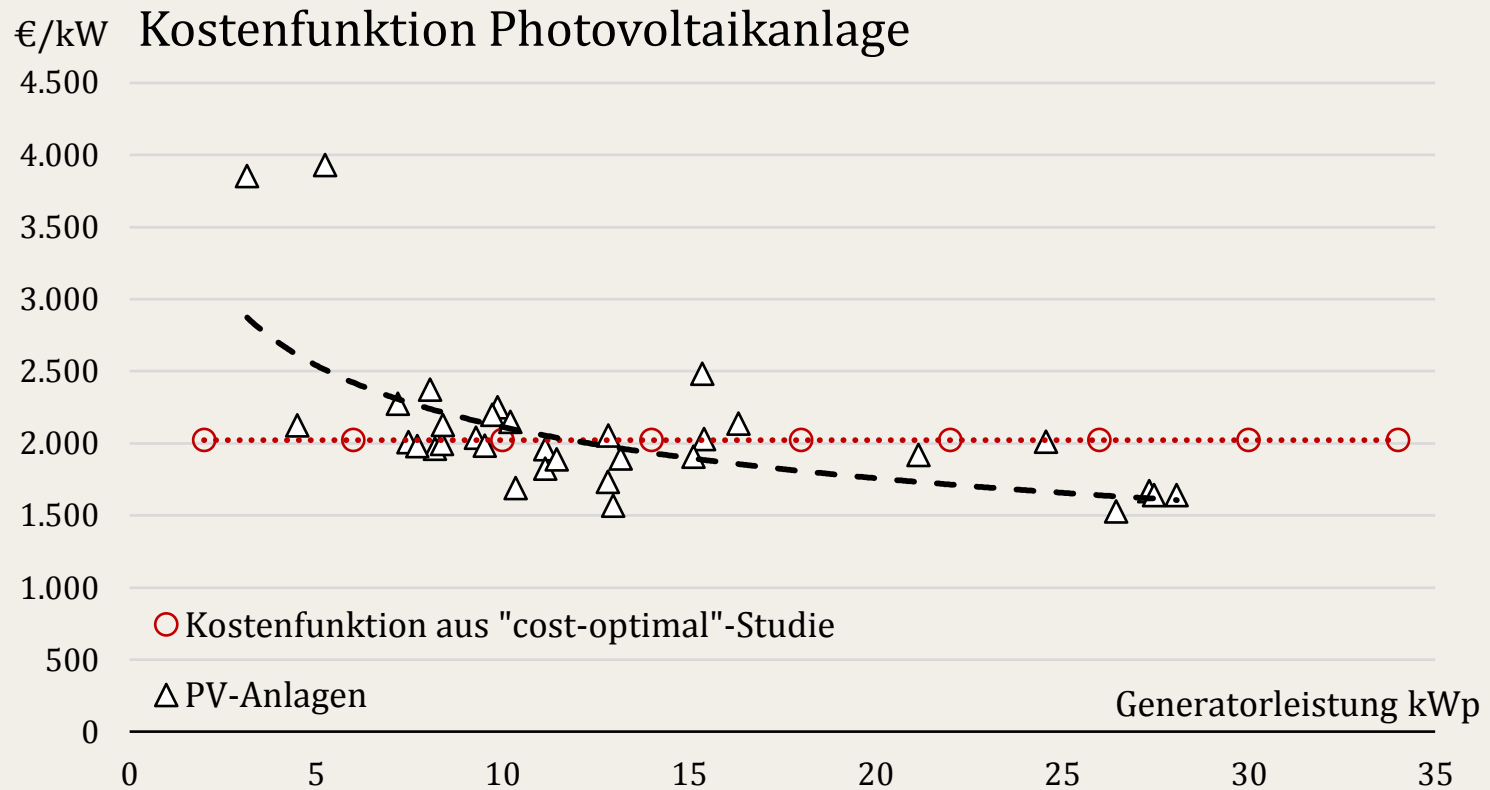


Kostenauswertung (4)

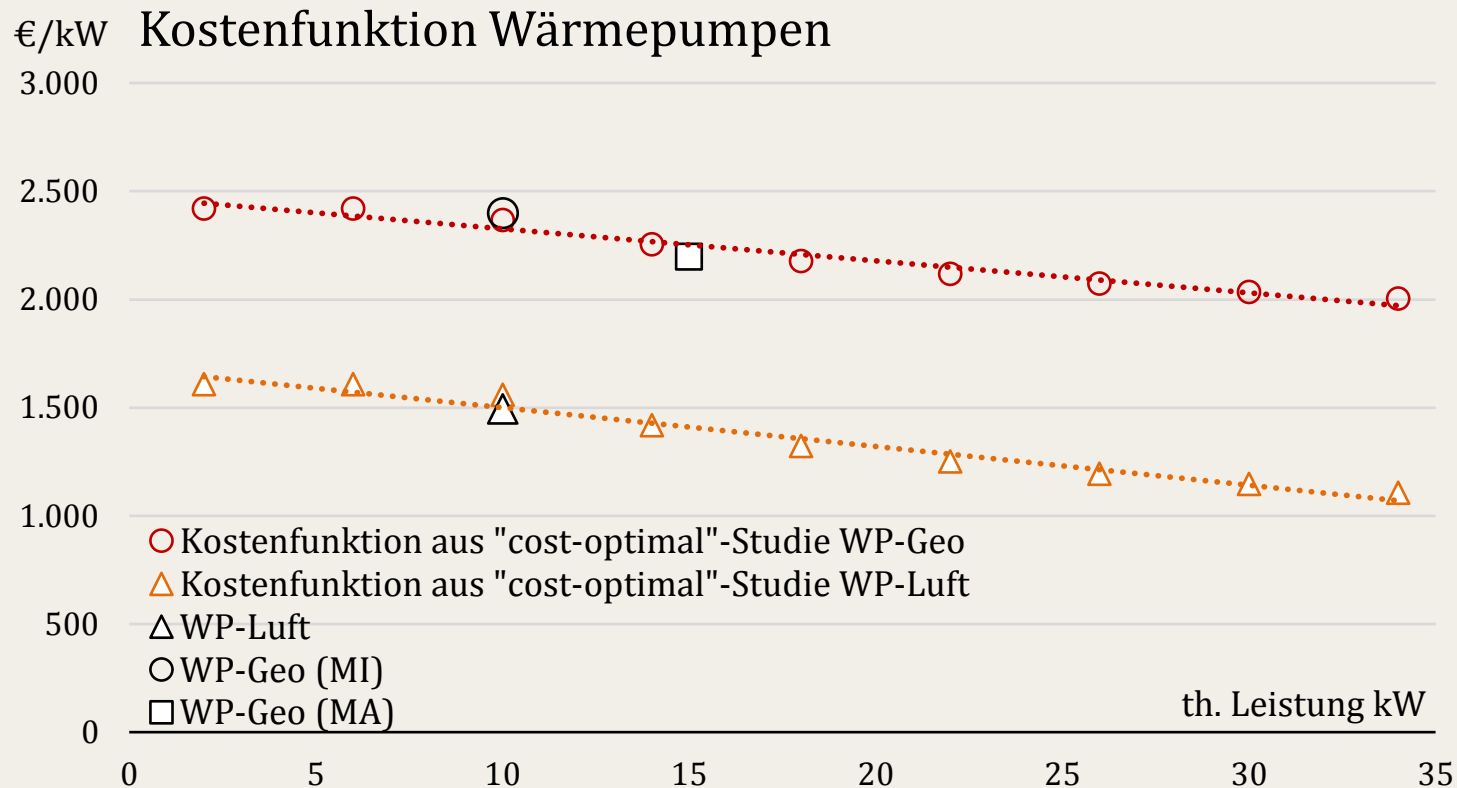


Kosten für Lagerung, Abgasanlage i.d.R. nicht enthalten

Kostenauswertung (5)

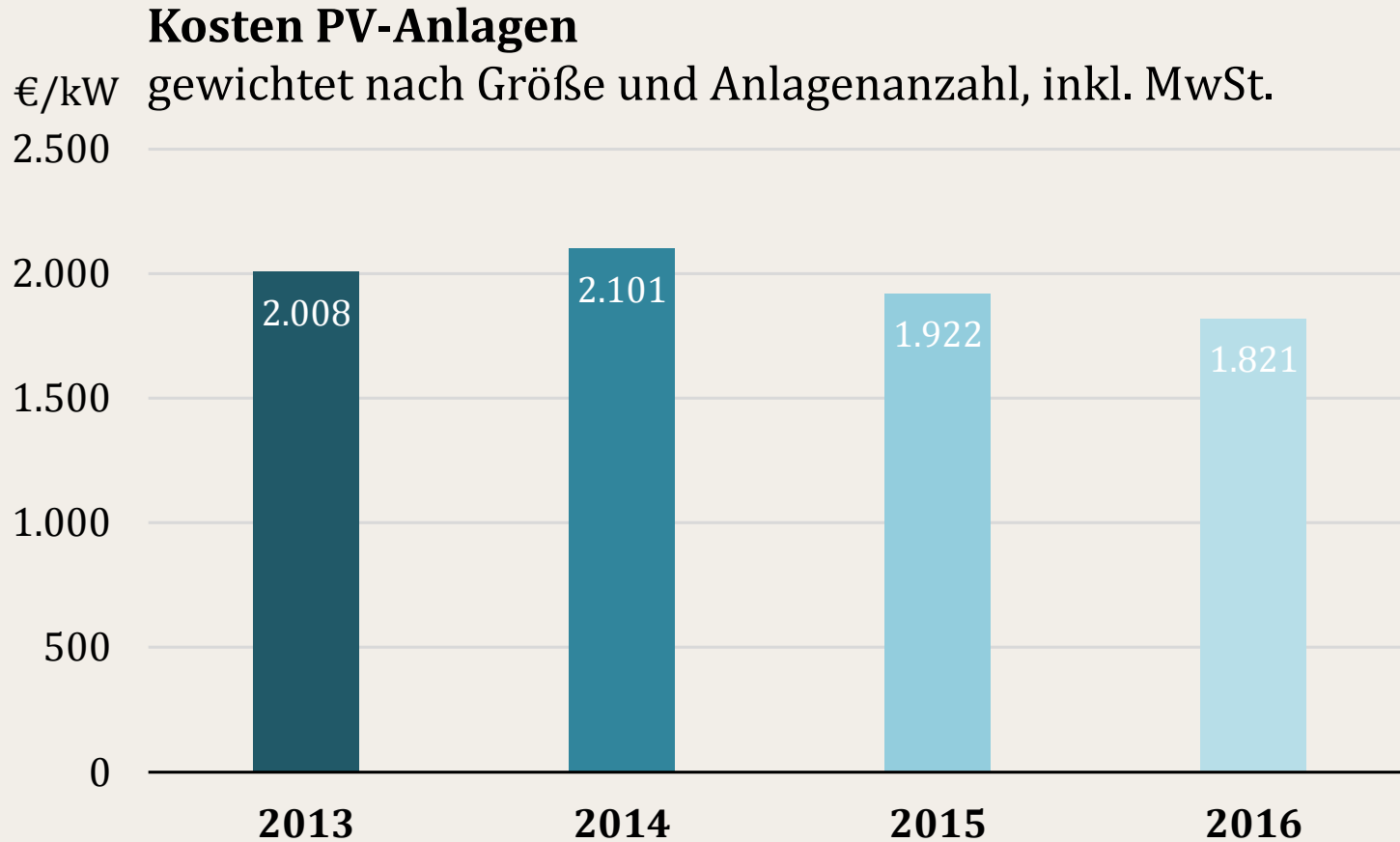


Kostenauswertung (6)

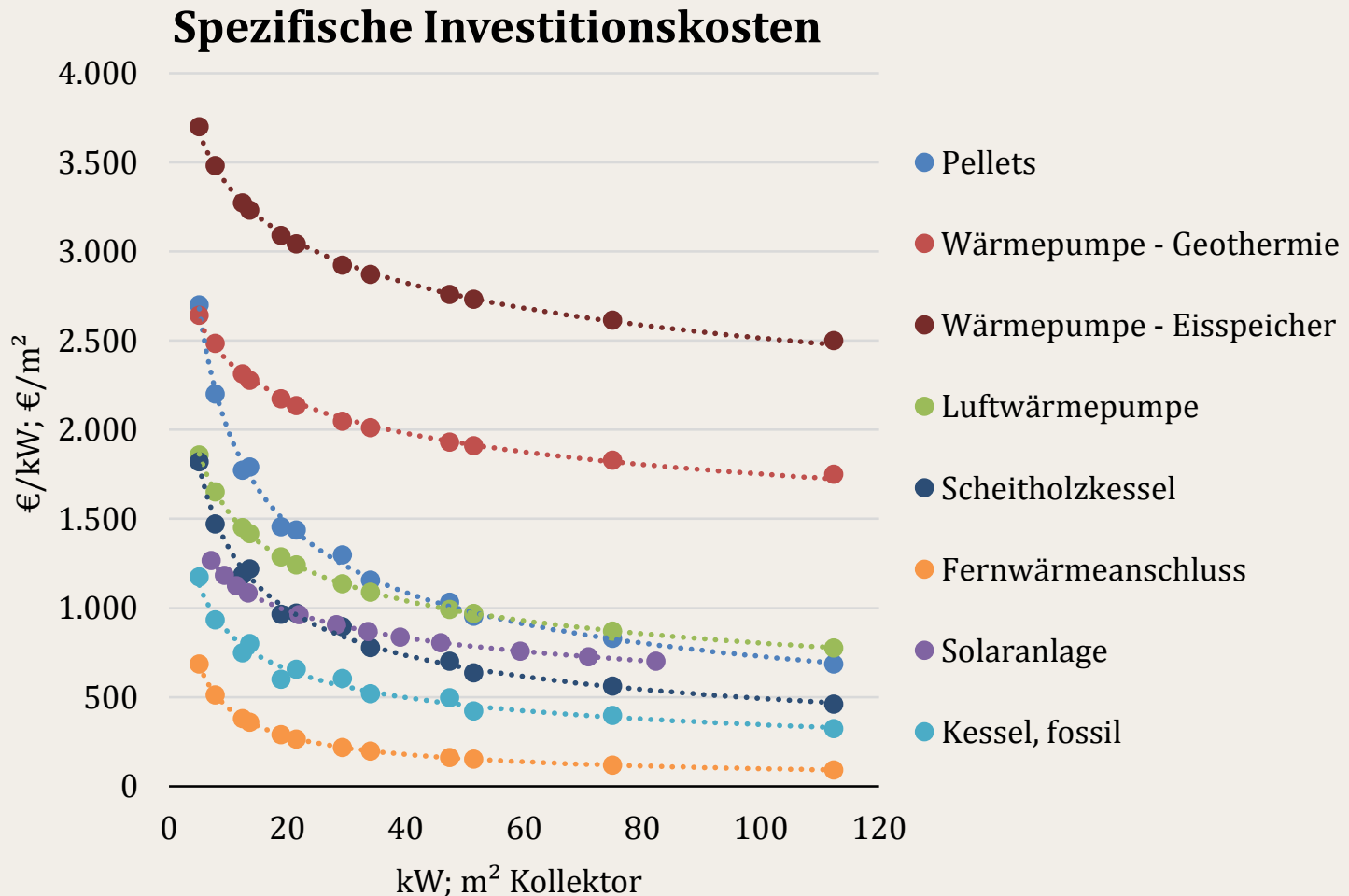


Achtung: Leistung der WP aus Förderkosten geschätzt. Mittlere Kosten aus Förderdatenbank können nicht genutzt werden, da Bezugsgröße fehlt.

Kostenauswertung (7)



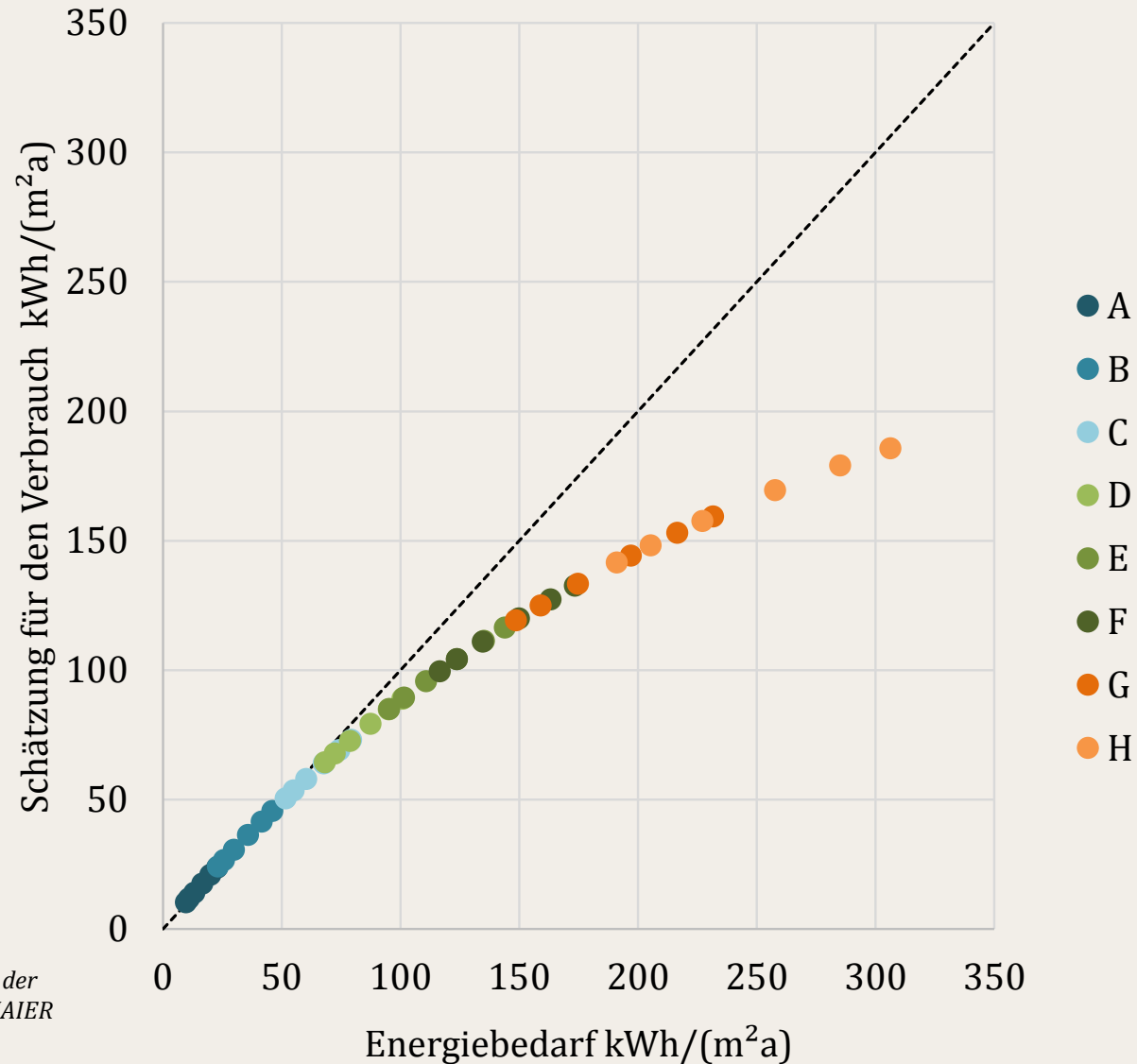
Kostenauswertung – Funktionen (8)



Energiebedarf (1)

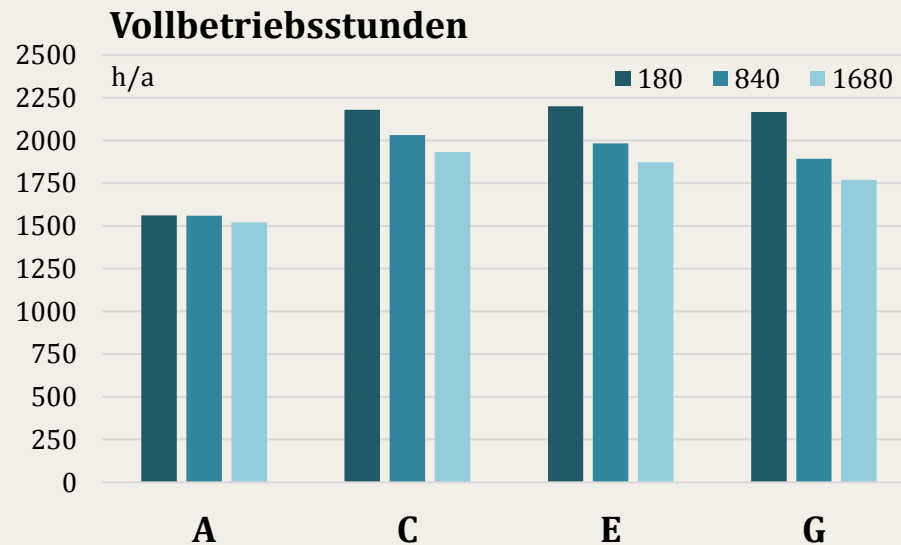
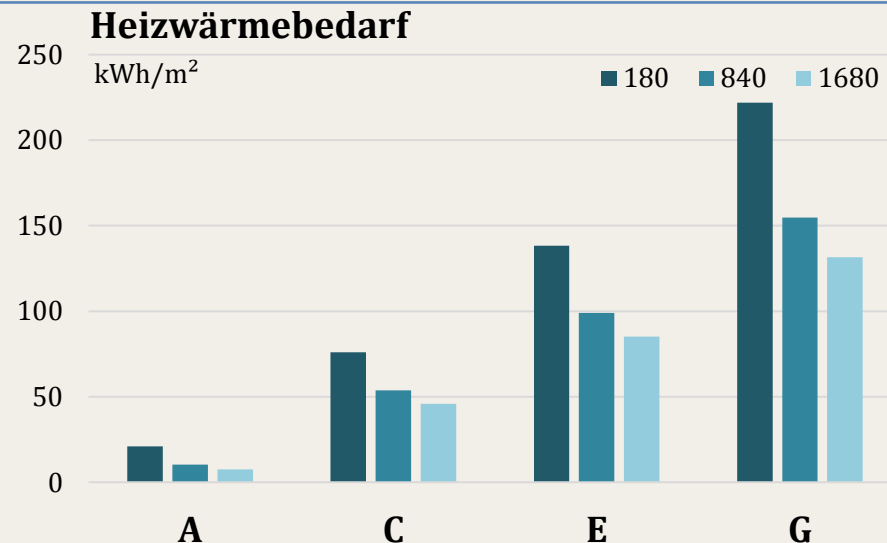
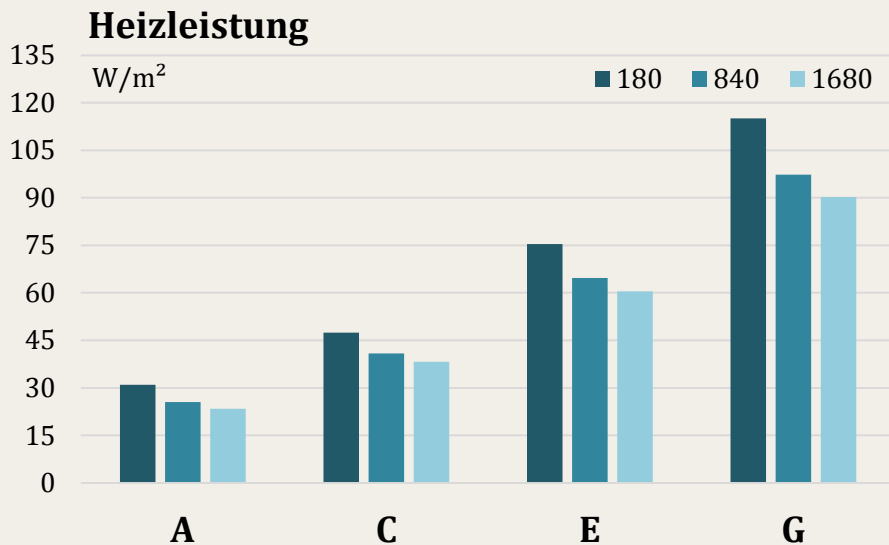
- ◇ Berechnung realistischer Energiebedarfe
- ◇ Modifikation des berechneten Nutzwärmebedarfs gemäß:

$$q_{h, \text{kor}} = q_h \cdot (-0,2 + 1,3 \cdot (1 + q_h/500))$$



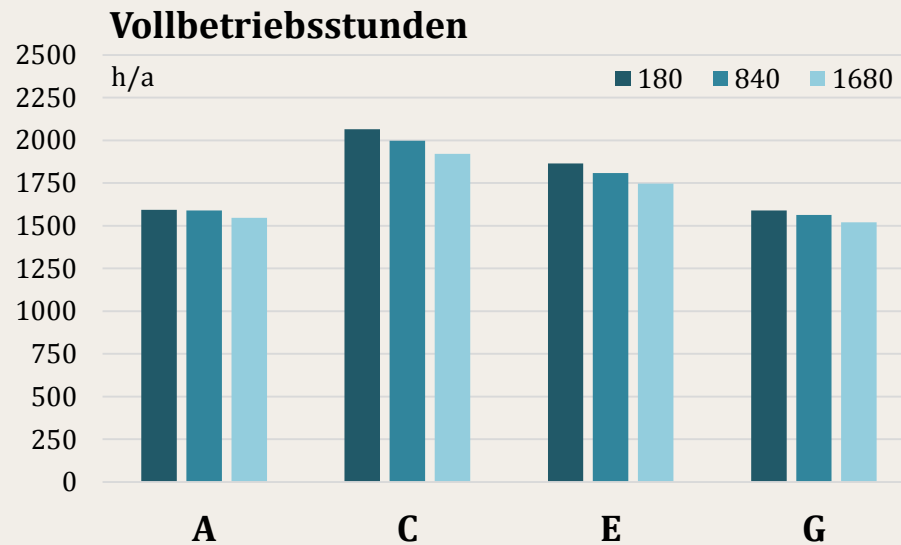
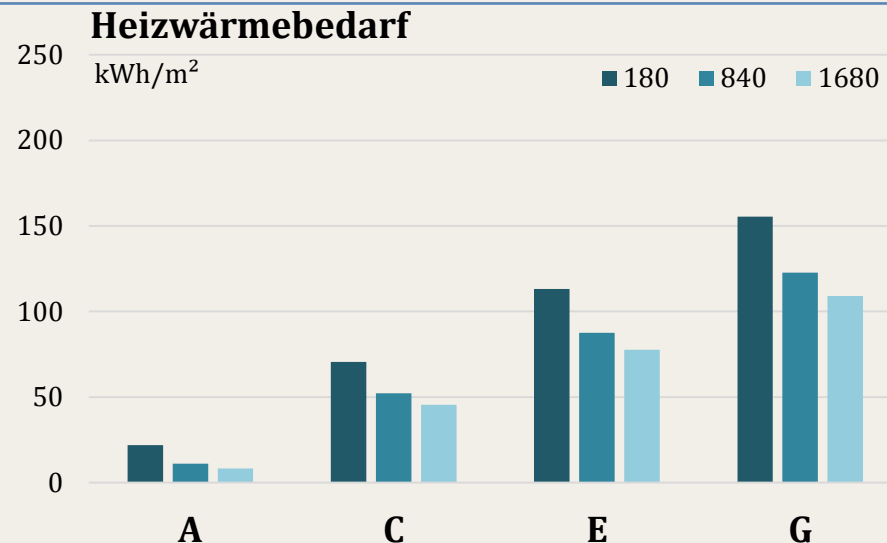
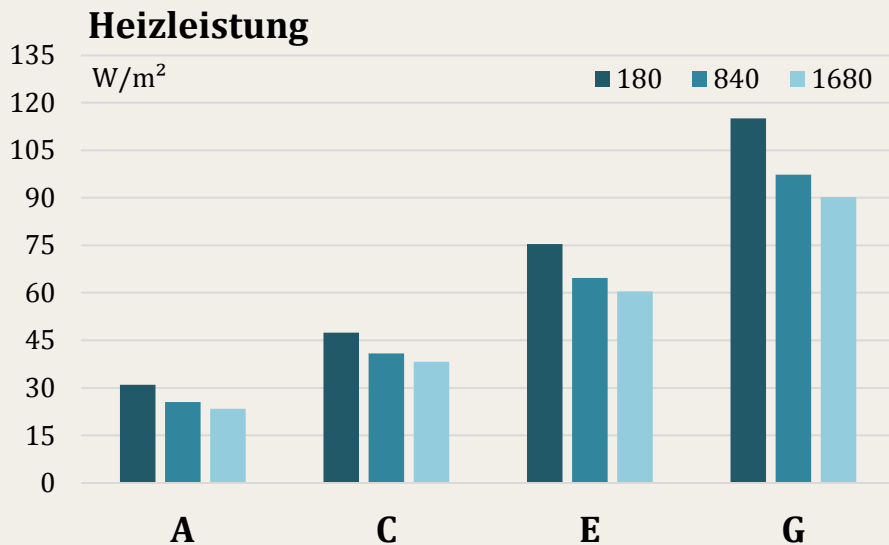
Energiebedarf – ohne Korrektur (2)

- ◇ EFH: 180m² / 1 WE
- ◇ MFH: 840m² / 6 WE
- ◇ MFH: 1680m² / 12 WE



Energiebedarf – mit Korrektur (3)

- ◇ EFH: 180m² / 1 WE
- ◇ MFH: 840m² / 6 WE
- ◇ MFH: 1680m² / 12 WE



Wirtschaftlichkeit (1)

◇ Berechnung des Wärmegestehungspreises für die Referenzvariante (Kessel mit fossilem Brennstoff)

◇ Randbedingungen

✓ Kapitalzins:	3%/a
✓ Energiepreissteigerung:	2,8 %/a (0%/a; 5,6%/a)
✓ Energiepreisbasis:	0,081 €/kWh*
✓ Strompreis:	0,163 €/kWh
✓ Pelletspreis:	0,050 €/kWh
✓ Stückholzpreis:	0,051 €/kWh
✓ Fernwärmepreis:	0,094 €/kWh (mix)
✓ Effektiver Ertrag Solaranlage:	350 kWh/(m ² a)

*Entspricht nicht der aktuellen Situation (~ 0,06 €/kWh). Bei längeren Betrachtungszeiträumen sollten langfristige Trendkosten angesetzt werden, weshalb die eingesetzten Kosten für den fossilen Mix aus derzeitiger Sicht vertreten werden können.

Wirtschaftlichkeit (3)

◇ Energetische Bilanz für unterschiedliche Wärmeschutzniveaus

- ✓ Gebäude mit geringem Wärmebedarf (A, Neubau ab 2017)
- ✓ Modernisierte Gebäude (C, E)
- ✓ Bestand (G)

◇ Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über 20 Jahre

Eigeninvestition (= Investitionskosten – Förderung)

Kapitalkosten (Annuitätenmethode → Nutzungsdauer, Kapitalzins)

Energiekosten (Energiepreissteigerung)

Wartungs- und Betriebsführungskosten (EN 15459/VDI 2067)

Energiebedarf (vom Wärmeerzeuger bereitzustellende Nutzenergie)

Wärmegestehungspreis → €/kWh

Wirtschaftlichkeit (4)

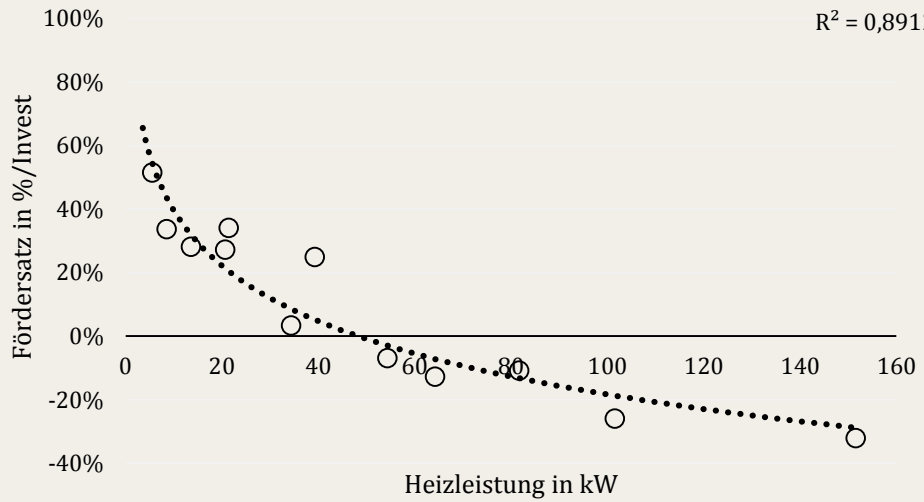
- ◇ Bestimmung der theoretischen Förderkosten, sodass sich während einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren, der gleiche Wärmegestehungspreis wie bei der Referenzvariante ergibt.
- ◇ Das entspricht auch einer Kapitalrücklaufzeit von 20 Jahren.
 - ✓ Berücksichtigung des Kapitalaufwands
 - ✓ Berücksichtigung des Restwerts/Neuinvestition
 - ✓ Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung
 - ✓ Inflationsbereinigte Betrachtung

Wirtschaftlichkeit (5) – sonstiges

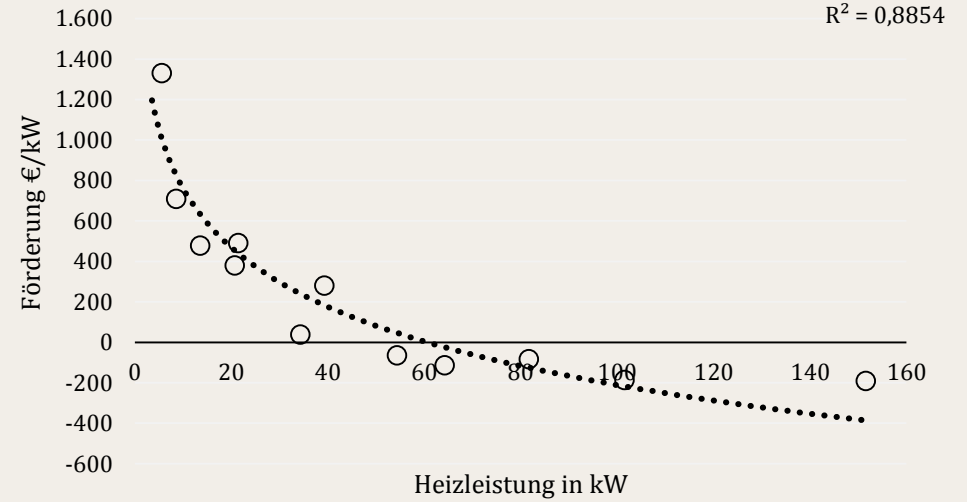
- ❖ Berücksichtigung von effizienteren Pelletsanlagen (gemäß aktueller Publikation (Quelle: depv).
- ❖ Kosten für Scheitholzessel an Pelletsessel angelehnt (-38%), gemäß (Quelle: Evaluierung des Marktanzreizprogramms für erneuerbare Energien: Ergebnisse der Förderung für das Jahr 2010 , Bild 15, 2011).
- ❖ Energiekosten für Scheitholz mit 75 €/m^3 (Quelle: Marktübersicht, FNR, Tab.2, 2015).
- ❖ Eisspeicher energetisch äquivalent zur Geothermie (Quelle: Forschungsbericht Wirtschaftsministerium, Goblet Lavandier, 2016, noch nicht veröffentlicht).
- ❖ Kosten für Eisspeicher ermittelt aus angefragten Angeboten (Viessmann) und weitere Recherchen.

Pelletsanlagen

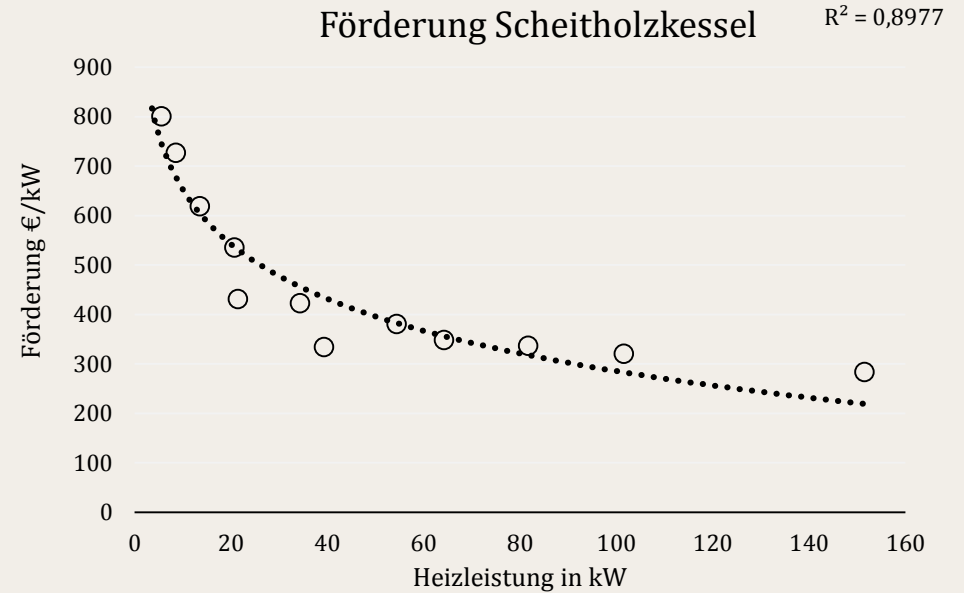
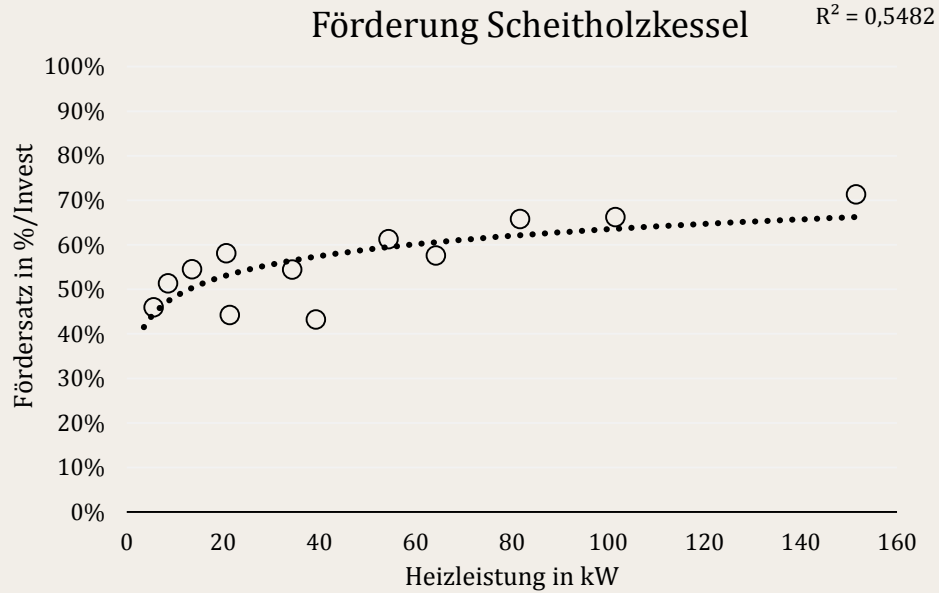
Förderung Pelletsanlagen



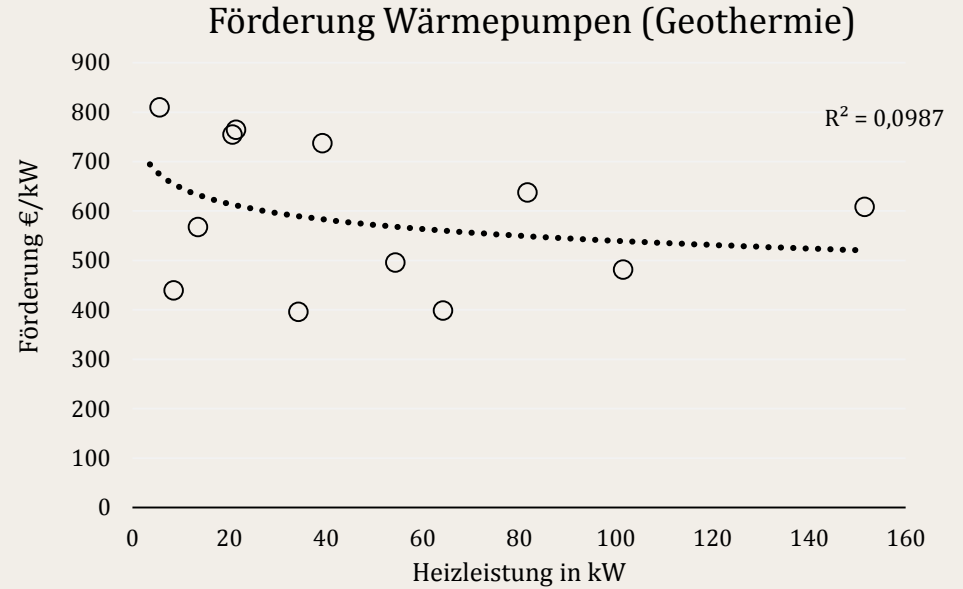
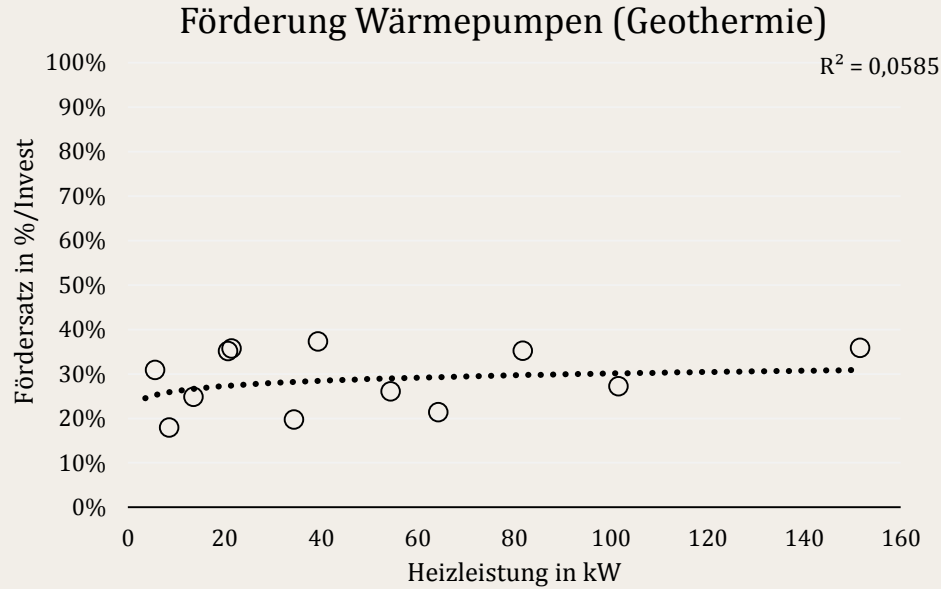
Förderung Pelletsanlagen



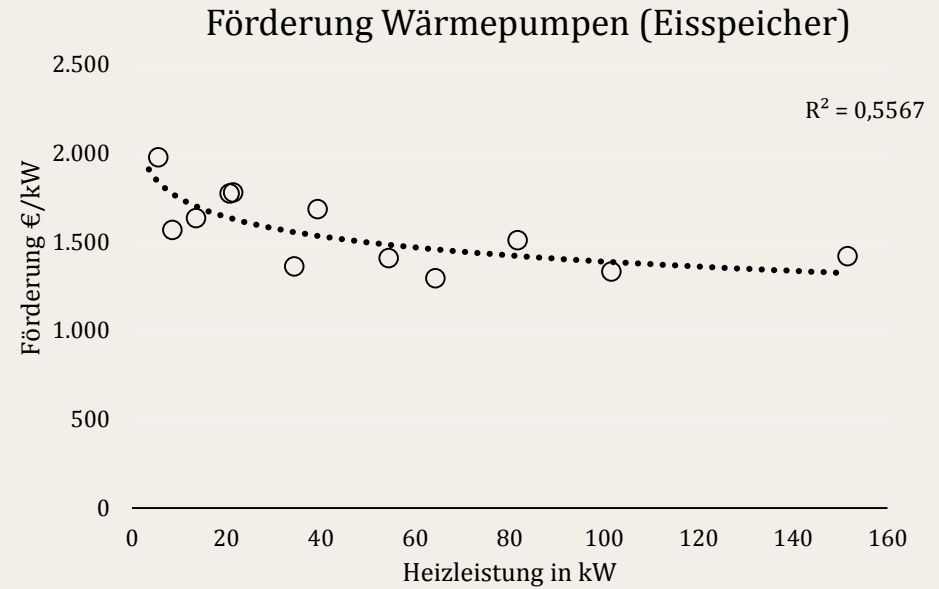
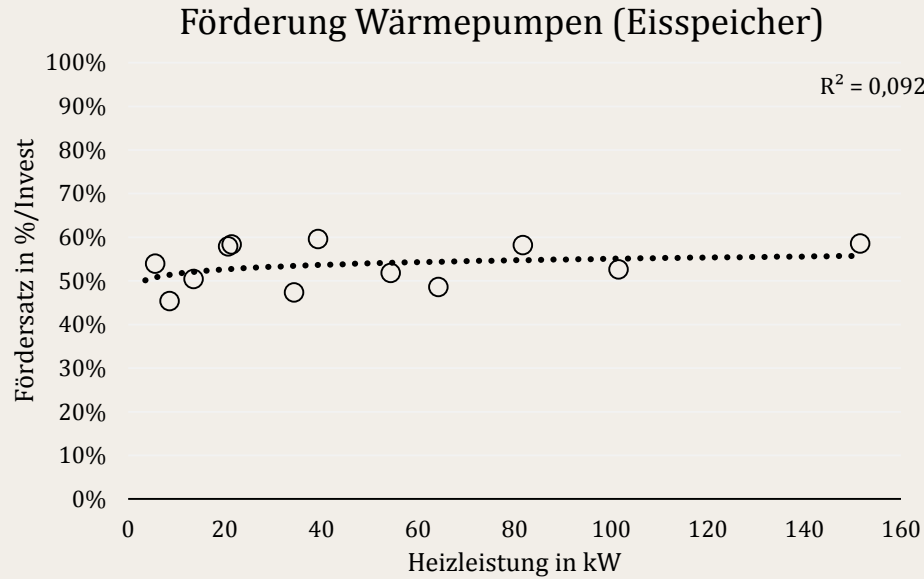
Scheitholzessel



Wärmepumpen - Geothermie

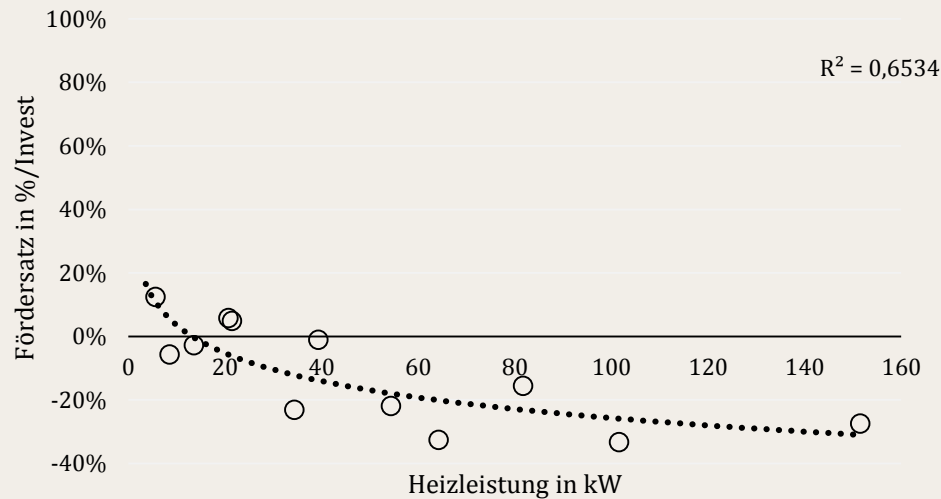


Wärmepumpen - Eisspeicher

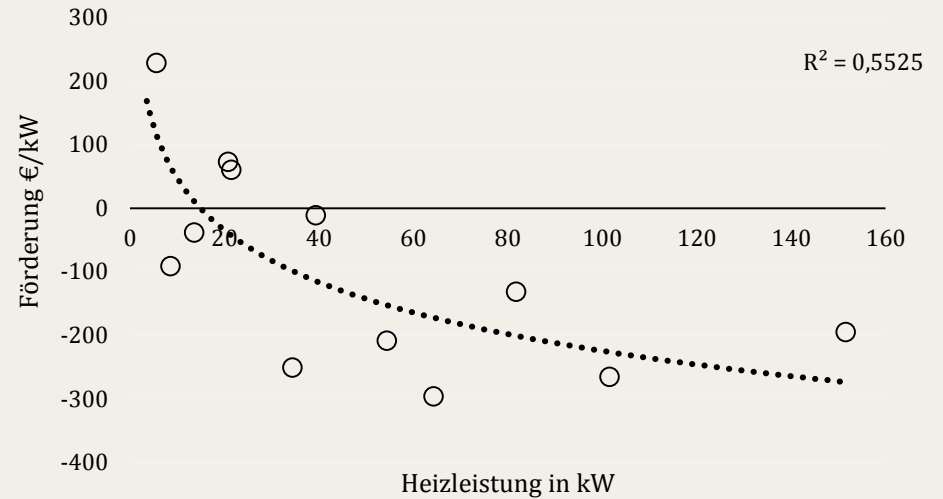


Wärmepumpe - Luft

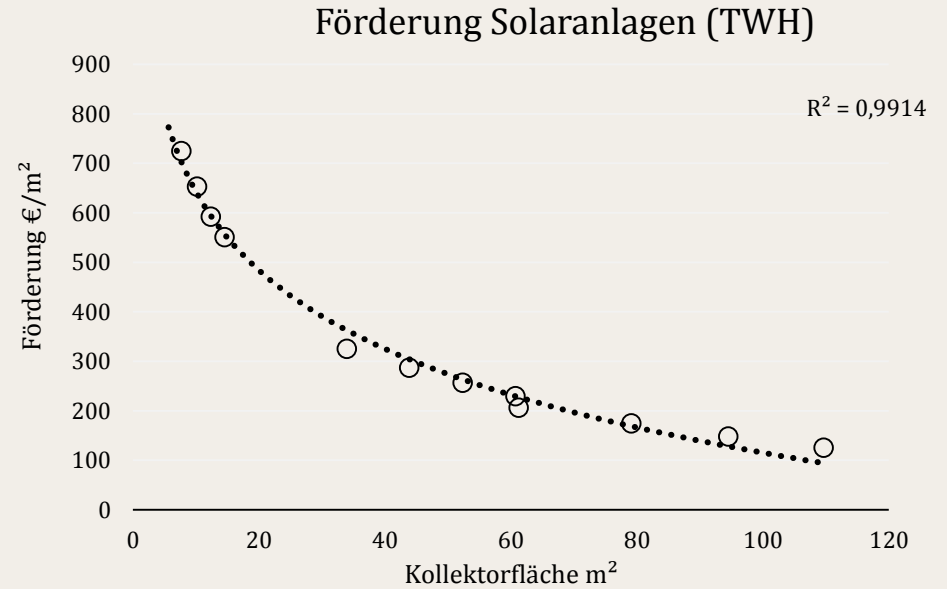
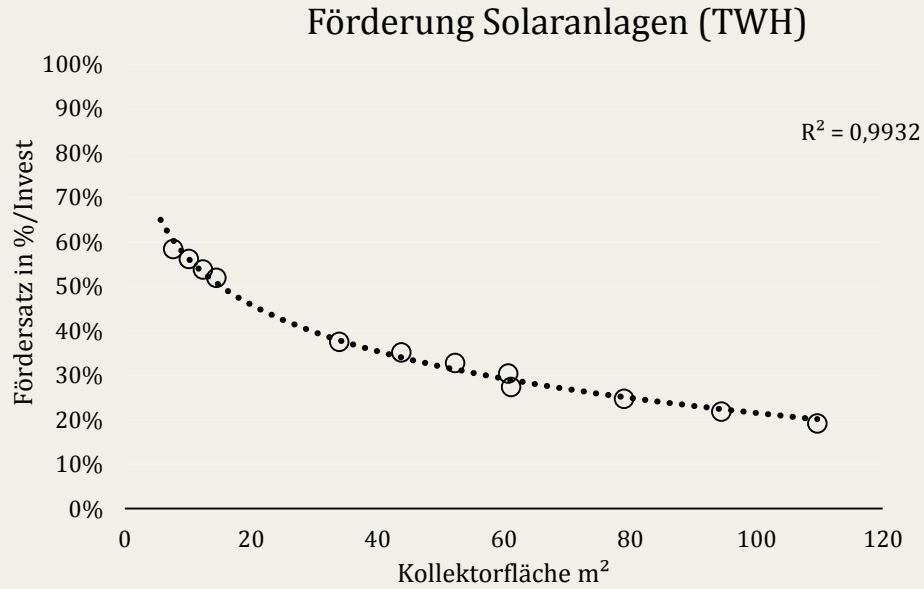
Förderung Wärmepumpen (Luft)



Förderung Wärmepumpen (Luft)

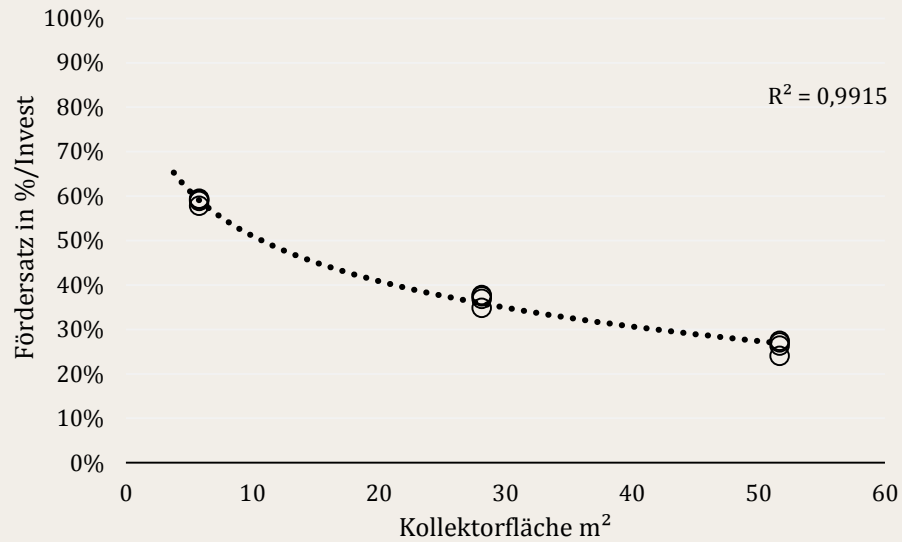


Solaranlagen - TWH

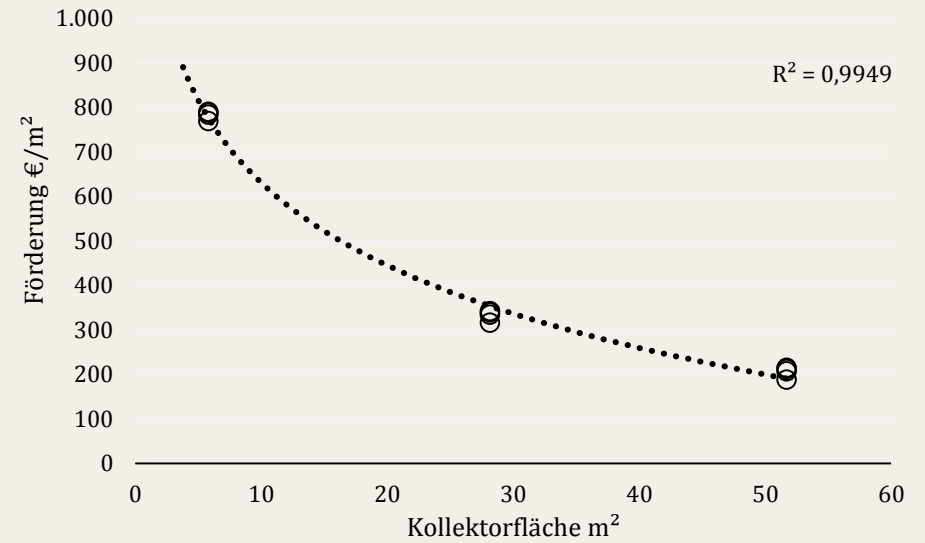


Solaranlagen - TW

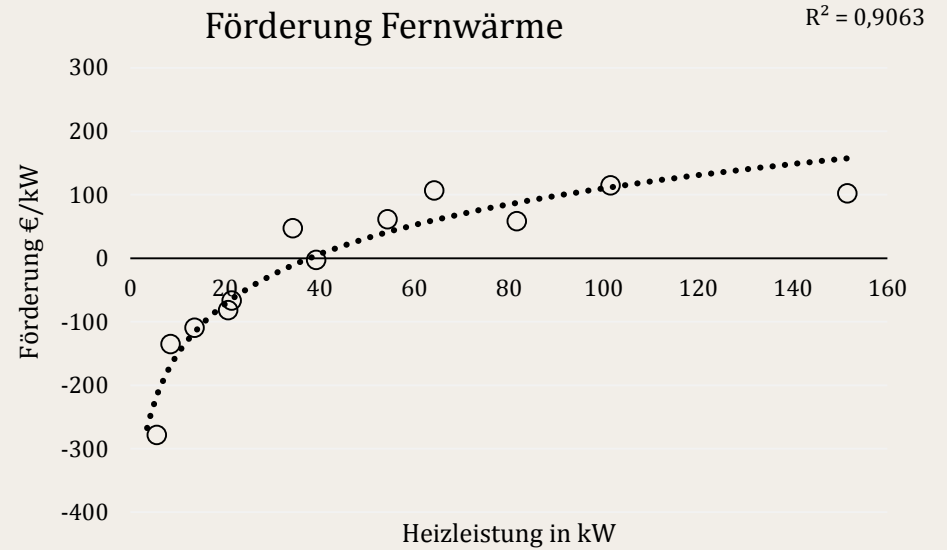
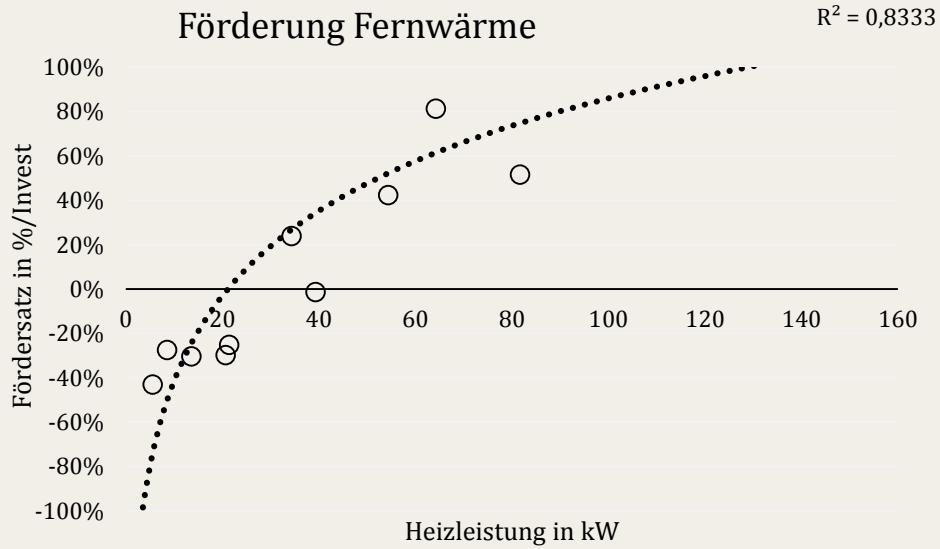
Förderung Solaranlagen (TW)



Förderung Solaranlagen (TW)



Fernwärme



PV-Anlagen

◇ Berechnung der erforderlichen Einspeisevergütung:

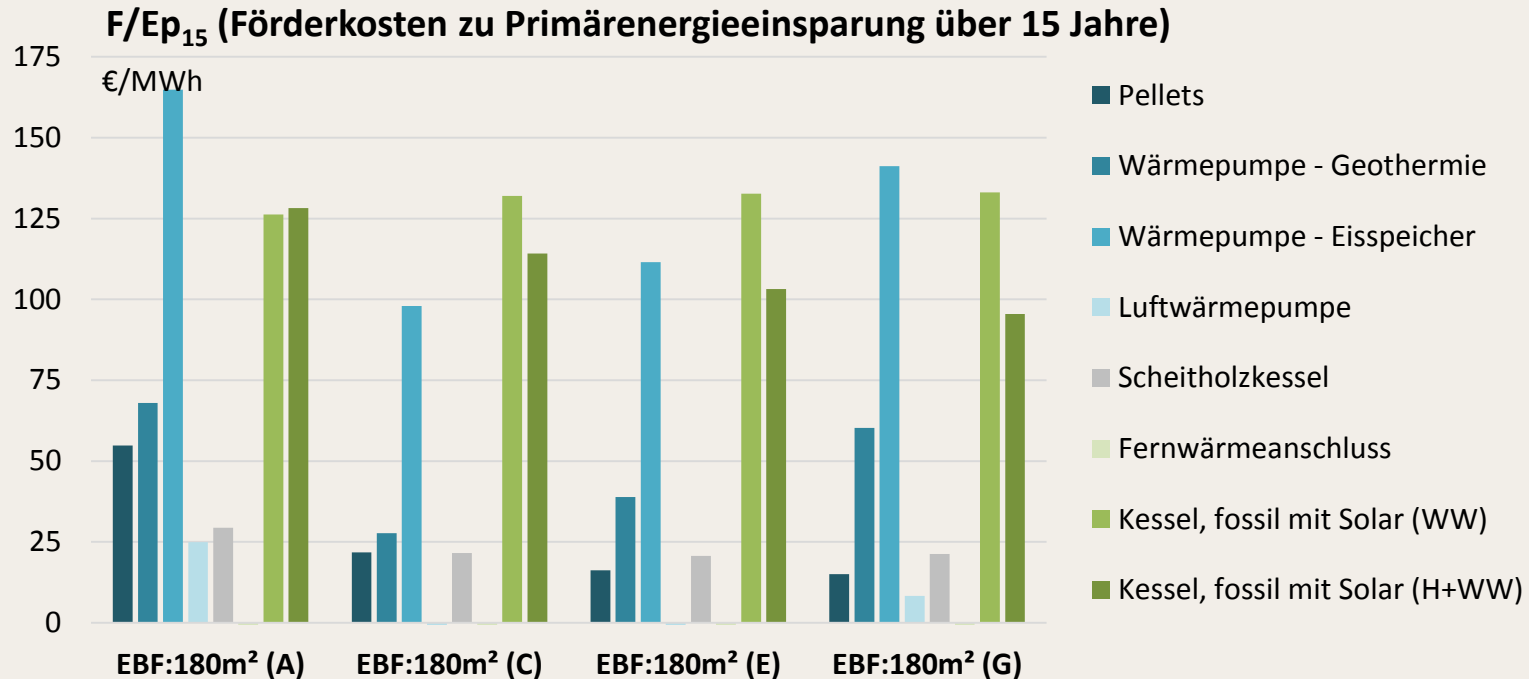
- ✓ Kapitalzins: 1%/3%/5%
- ✓ Invest-Förderung 0%/20%
- ✓ Anlagenkosten: 450-4450 €/kW

Kosten	20 % Investitionshilfe der jeweiligen Investition, Einspeisevergütung 15 a			0 % Investitionshilfe der jeweiligen Investition, Einspeisevergütung 15 a		
	Kapitalzins 1 %	Kapitalzins 3 %	Kapitalzins 5 %	Kapitalzins 1 %	Kapitalzins 3 %	Kapitalzins 5 %
450	0,035	0,042	0,048	0,043	0,050	0,058
550	0,042	0,049	0,057	0,051	0,060	0,069
650	0,048	0,057	0,065	0,059	0,069	0,079
750	0,055	0,064	0,074	0,067	0,078	0,090
850	0,061	0,072	0,083	0,075	0,087	0,101
950	0,067	0,079	0,091	0,083	0,097	0,111
1.050	0,074	0,087	0,100	0,091	0,106	0,122
1.150	0,080	0,094	0,108	0,099	0,115	0,133
1.250	0,087	0,101	0,117	0,107	0,125	0,143
1.350	0,093	0,109	0,125	0,115	0,134	0,154
1.450	0,100	0,116	0,134	0,123	0,143	0,164
1.550	0,106	0,124	0,142	0,131	0,152	0,175
1.650	0,112	0,131	0,151	0,139	0,162	0,186
1.750	0,119	0,138	0,159	0,147	0,171	0,196
1.850	0,125	0,146	0,168	0,155	0,180	0,207
1.950	0,132	0,153	0,176	0,163	0,190	0,218
2.050	0,138	0,161	0,185	0,171	0,199	0,228
2.150	0,144	0,168	0,193	0,179	0,208	0,239
2.250	0,151	0,176	0,202	0,187	0,217	0,250
2.350	0,157	0,183	0,210	0,195	0,227	0,260
2.450	0,164	0,190	0,219	0,203	0,236	0,271
2.550	0,170	0,198	0,227	0,211	0,245	0,282
2.650	0,176	0,205	0,236	0,219	0,254	0,292
2.750	0,183	0,213	0,244	0,227	0,264	0,303
2.850	0,189	0,220	0,253	0,235	0,273	0,313
2.950	0,196	0,228	0,261	0,243	0,282	0,324
3.050	0,202	0,235	0,270	0,251	0,292	0,335
3.150	0,209	0,242	0,278	0,259	0,301	0,345
3.250	0,215	0,250	0,287	0,267	0,310	0,356
3.350	0,221	0,257	0,295	0,275	0,319	0,367
3.450	0,228	0,265	0,304	0,283	0,329	0,377
3.550	0,234	0,272	0,312	0,291	0,338	0,388
3.650	0,241	0,280	0,321	0,299	0,347	0,399
3.750	0,247	0,287	0,329	0,307	0,357	0,409
3.850	0,253	0,294	0,338	0,315	0,366	0,420
3.950	0,260	0,302	0,346	0,323	0,375	0,431
4.050	0,266	0,309	0,355	0,331	0,384	0,441
4.150	0,273	0,317	0,364	0,339	0,394	0,452
4.250	0,279	0,324	0,372	0,347	0,403	0,463
4.350	0,285	0,332	0,381	0,355	0,412	0,473
4.450	0,292	0,339	0,389	0,363	0,422	0,484

Rechnerische Förderkosten

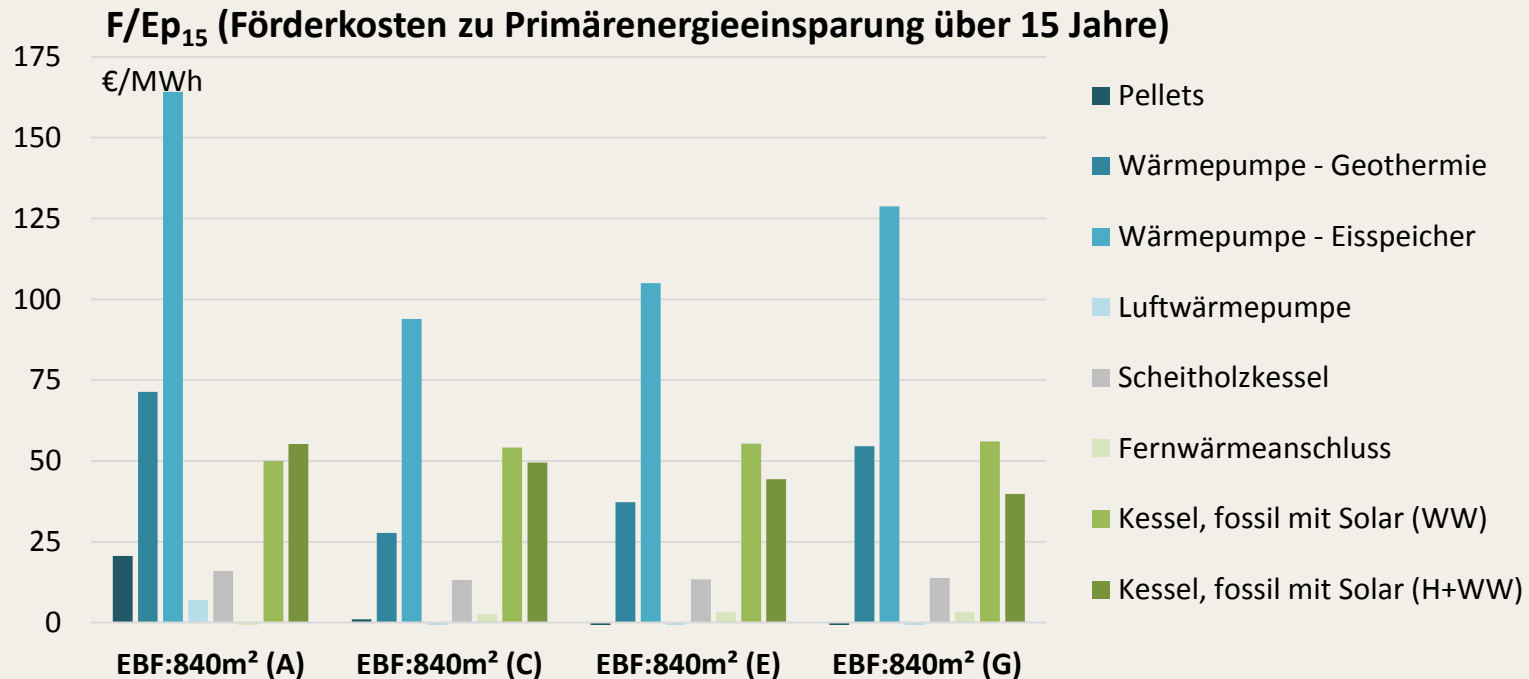
Einfamilienhaus, Wärmeschutz A mit 180 m ² und 1 WE					Mehrfamilienhaus, Wärmeschutz A mit 840 m ² und 6 WE						
	Förderprogramm		Kostensimulation			Förderprogramm			Kostensimulation		
	%/Invest	Max	%/Invest	Max		%/Invest	Max/WE	Max/Geb	%/Invest	Max/WE	Max/Geb
Solarthermik											
TWW	50%	2.500 €	61%	4.670 €	50%	2.500 €	15.000 €	36%	1.550 €	9.303 €	
TWW + Heizung	50%	4.000 €	61%	5.768 €	50%	4.000 €	17.000 €	39%	1.908 €	11.446 €	
Photovoltaik											
	20%	500 €/kW	----	----	20%	500 €/kW	-----	-----	-----	-----	
Wärmepumpe											
Luft/Wassser	25%	2.500 €	12%	1.173 €	-----	-----	-----	4%	175 €	1.053 €	
Erdsonde	50%	8.000 €	31%	4.551 €	50%	6.000 €	30.000 €	36%	2.783 €	16.696 €	
Eisspeicher	50%	8.000 €	54%	11.043 €	50%	6.000 €	30.000 €	59%	6.402 €	38.412 €	
Kompaktgerät	25%	2.500 €	12%	1.173 €	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Holzheizung											
Pellets	40%	5.000 €	51%	7.290 €	40%	4.000 €	20.000 €	33%	1.708 €	10.246 €	
Pelletöfen	30%	2.500 €	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Scheitholz	25%	2.500 €	45%	4.341 €	25%	2.500 €		43%	1.491 €	8.947 €	
Nahwärme	40%	4.000 €	-----	-----	40%	4.000 €	20.000 €	-----	-----	-----	
Fernwärme (EE)											
Anschluß	15 kW	50 €/kW	-40%	-1.443 €	8 kW	50 €/kW	-----	-12%	-110 €	-660 €	

Kosten je Primärenergieeinsparung F/E_p (1)



Basierend auf den berechneten Förderhöhen. Bei der Bestimmung der förderhöhe wird die gleiche Wirtschaftlichkeit (Wärmegestehungspreis) wie bei der Basisvariante unterstellt.

Kosten je Primärenergieeinsparung F/E_p (2)



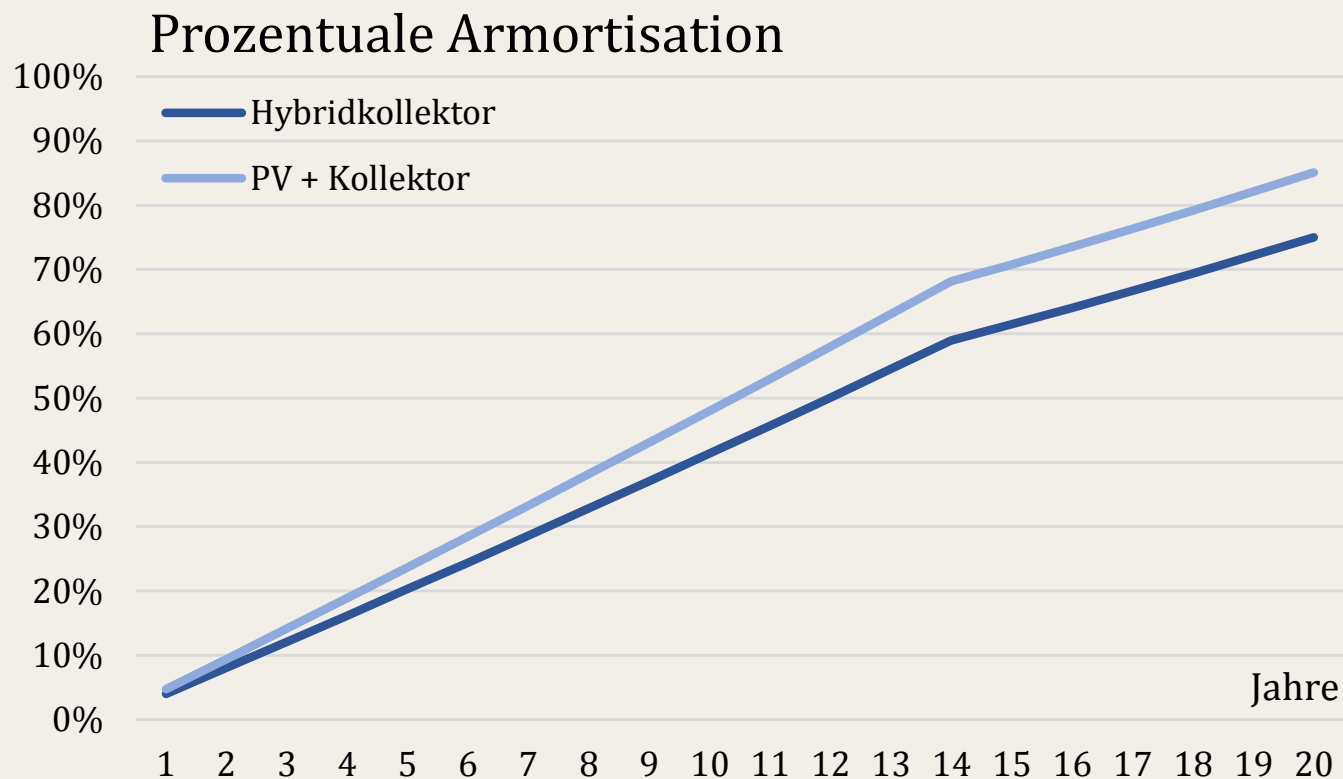
Basierend auf den berechneten Förderhöhen. Bei der Bestimmung der förderhöhe wird die gleiche Wirtschaftlichkeit (Wärmegestehungspreis) wie bei der Basisvariante unterstellt.

Hybridkollektoren (1)

- ◇ Die Simulation zeigt, dass bei Hybridkollektoren im Vergleich zu Flachkollektoren eine etwa 2,6 größere Kollektorfläche erforderlich ist.

Einfamilienhaus nur Warmwasser	Klassisch	Hybrid
TWW [kWh/a]	2.712	2.712
Deckungsanteil Warmwasser [%]	56%	55%
Kollektor	Vitosol 200F	Hybridmodul Wiosun isoliert
Speicher [l]	400	750
Ausrichtung/Neigung [°]	180°/30°	180°/30°
Anzahl [/]	3	14
Aperturfläche [m ²]	6,99	18,34
Wärmeabgabe Kollektorkreis [kWh/(m²·a)]	381	147
Leistung Photovoltaik [kW]	-	2,66
Stromproduktion [kWh/a]	-	2.075

Hybridkollektoren (2)



Vergleich zwischen einem hochgedämmten Hybridkollektors ($18,34 \text{ m}^2$ mit $2,66 \text{ kW}_p$) und einer getrennten Anlagekombination (PV-Anlage $2,66 \text{ kW}_p$, Flachkollektor 7 m^2). Dargestellt wird die prozentuale Amortisation der Investitionskosten bei 3% Kapitalzins und unter Berücksichtigung der aktuellen Förderung.

Fördersystem (1)

- ❖ In energieeffizienten Gebäuden (A) werden Pelletsanlagen derzeit etwas untergefördert.
- ❖ Es stellt sich die Frage, ob eine klassische zentrale Pelletsanlage für ein A-Gebäude mit niedrigem Energieverbrauch bestmöglich ist. Hier kann ein Scheitholzkaamin mit kombinierter Pelletsbeschickung oder ein dezentraler Pelletsofen mit Wassertasche eine Alternative darstellen.
- ❖ In Gebäuden mit schlechtem Wärmeschutz oder in großen Gebäuden (MFH) sinken die erforderlichen Förderkosten zum Teil unter den aktuellen Fördersatz. Die absolute Primärenergieeinsparung ist jedoch entsprechend hoch.

Fördersystem (2)

- ❖ Wärmepumpen werden in energieeffizienten Gebäuden (A) etwas überfördert. Die aktuelle Förderhöhe entspricht einem EFH mit Wärmeschutzklasse: E (teilmodernisierter Altbau).
- ❖ Der Eisspeicher ist als eine Alternative zur Bohrung einzustufen. Sie sind in der Regel teurer (Behälter + Luftkollektor).
- ❖ Thermische Solaranlagen werden derzeit etwas untergefördert. In Anbetracht der Menge der installierten Solaranlagen (1216 Anlagen in 3 Jahren) werden derzeit etwa 50 % der Fördermittel für Solaranlagen ausgegeben.
- ❖ Die Solaranlage ist im Referenzgebäude 2017 als „Standard“ definiert.

Fördersystem (3)

- ❖ Die Förderkosten (F) je eingesparte MWh Primärenergie (E_{P15}), über 15 Jahre liegt bei thermischen Solaranlagen vergleichsweise hoch. Sodass die Fördersätze nicht zwingend angepasst werden müssen; ggf. sollten für Technologien Anreize geschaffen werden, die ein günstigeres F/E_{P15} -Verhältnis aufweisen.
- ❖ Werden für Hybridanlagen die Beihilfen für PV-Anlagen und die für thermische Solaranlagen gemeinsam angesetzt, zeigt sich, dass ein Hybridkollektor dadurch nicht wirtschaftlicher betrieben werden kann, als bei getrennten Anlagen.
- ❖ Für die Förderung heißt das, dass beide aktuellen Fördersätze appliziert werden können.

Fördersystem (4)

- ❖ Bei einfachen Hybridkollektoren werden die für die WW-Bereitung erforderlichen Temperaturen nicht immer erreicht. Diese Anlagen dienen vorwiegend zur Vorwärmung des WW oder z.B. zur Regenerierung eines Eisspeichers.
- ❖ Es gibt jedoch auch effizientere Systeme (höhere Dämmung) auf dem Markt, mit denen auch höhere Temperaturen möglich sind. Diese sollten bei der Förderung als Anforderung dienen.
- ❖ Eine Reduzierung der Fördersätze (z.B. bei der WP-Geothermie) sollte auch immer unter dem Hintergrund einer möglichen Reduzierung des Anreizes betrachtet werden.

Fördersystem (5)

- ◇ Bei PV-Anlagen sollte mittelfristig die Bewertung der Eigenstromnutzung mit im Förderkonzept einbezogen werden.
- ◇ Es sollte über eine spezifische Förderung in Abhängigkeit der Leistung nachgedacht werden, da die erforderlichen Förderungskosten mit der Größe der Anlage skalieren.

Goblet Lavandier & Associés

Ingénieurs-Conseils S.A.

17, rue J.-P. Sauvage
L-2514 Luxembourg

☎ 43 66 76 – 1

gl@golav.lu

www.golav.lu

