

# *Chancen der Energiewende in der Landwirtschaft*

*Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Kempten)*

*B. Eng. Markus Baur*

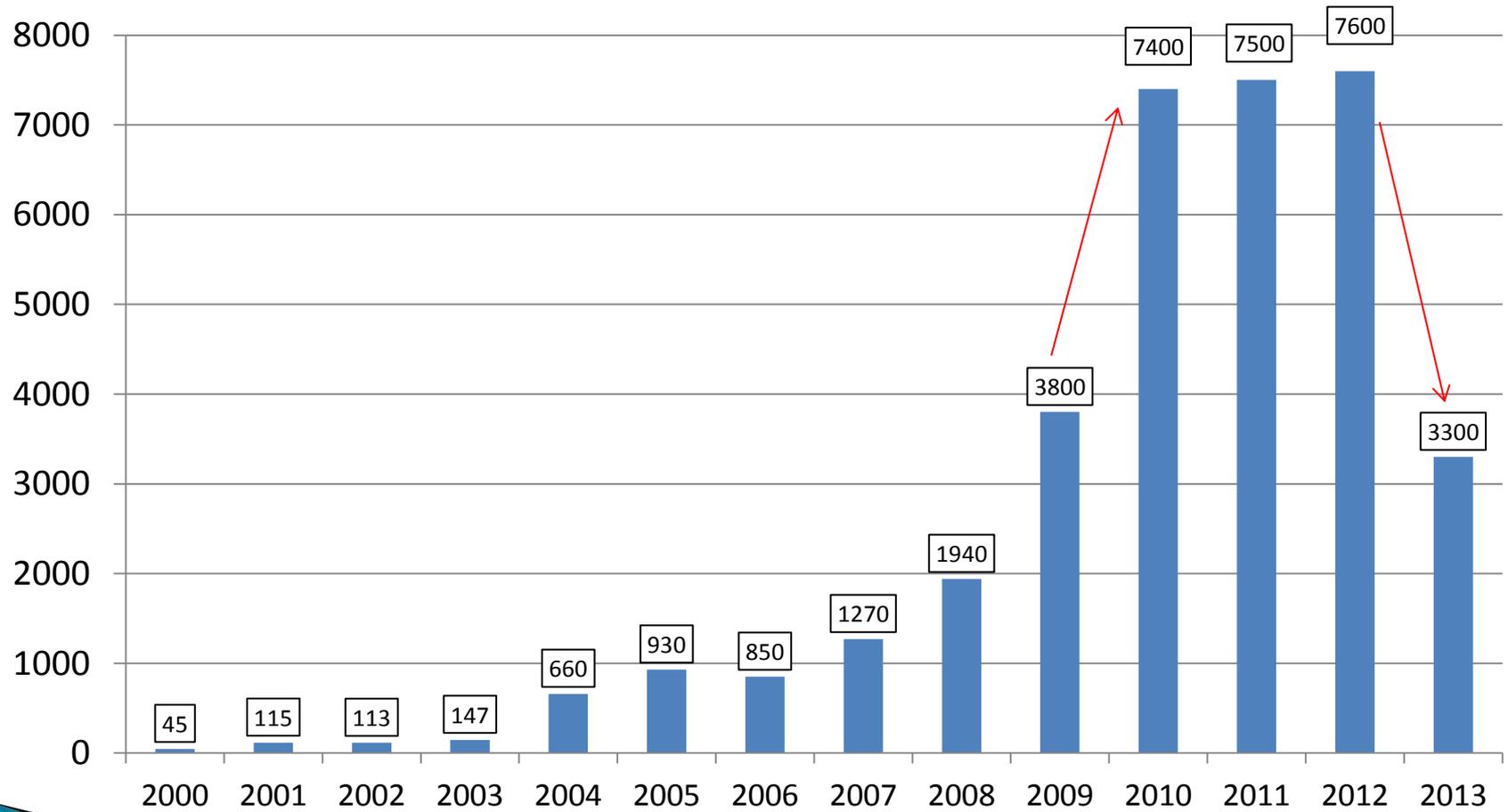
# *kurzer Überblick*

- ▶ *1. Photovoltaik*
  - *Nach der EEG Förderung?*
  - *Stromspeicherung und „Eigenstrom Nutzung“*
- ▶ *2. Heizung/Nachbarschaftsheizung*
  - *Wärmepreise*
- ▶ *3. Biogas*
  - *Güllennutzung*
- ▶ *4. Verschiedenes*
  - *Energiecheck am Hof*



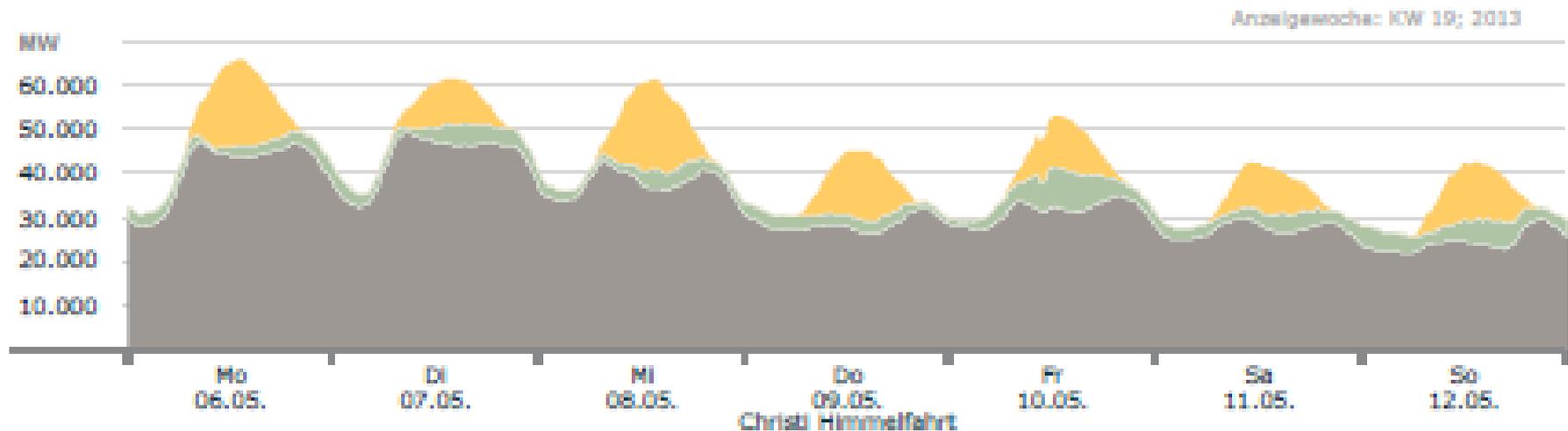
# 1. Photovoltaik

## Marktdaten PV Zubau Deutschland [MWp]



# Stromproduktion KW 19 – 2013 in Deutschland

## Tatsächliche Produktion



	Max. Leistung	Datum max. Leistung	Wochenenergie
Solar	20,3 GW	08.05., 13:15 (+2:00)	0,84 TWh
Wind	9,4 GW	10.05., 13:00 (+2:00)	0,56 TWh
Konventionell > 100 MW	49,4 GW	07.05., 08:00 (+2:00)	5,6 TWh

Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE; Daten: Leipziger Strombörse EEX

# 1.1 Grundlagen EEG zu PV Technik

## 1.1.Anlagen mit Inbetriebnahme 01.01.2009 bis 30.06.2010

- ▶ Vergütung des selbst verbrauchten Strom bis zu 30 kWp installierter Leistung  
18 ct/ kWh weniger als die gültige Einspeisevergütung

z.B. Inbetriebnahme 2009

Einspeisevergütung 43 ct, Vergütung Eigenstrom 25 ct

# 1.1 Grundlagen EEG zu PV Technik

## 1.2. Anlagen mit Inbetriebnahme

**01.07.2010 bis 31.03.2012**

(Anlagen mit Übergangsregelung bis 30.06.2012)

- ▶ Vergütung vom selbst verbrauchtem Strom bis zum Anteil von 30 % vom produzierten PV- Strom 16,5 ct/ kWh weniger als die gültige Einspeisevergütung
- ▶ Vergütung vom selbst verbrauchtem Strom für den Anteil über 30 % vom produzierten PV- Strom 12,0 ct/ kWh weniger als die gültige Einspeisevergütung

# 1.1 Grundlagen EEG zu PV Technik

## 1.3. Anlagen mit Inbetriebnahme ab dem 01.04.2012

**Keine Eigenstromvergütung!**

**EEG Vergütungsfähige Strommenge zwischen 10  
und 1.000 kW wird auf 90% begrenzt, Rest für  
Eigenstromnutzung und/oder Vergütung mit  
Börsenpreis!**

**Nach Ablauf der Einspeisevergütung wird Strom an  
Börse gehandelt**

die Einspeisevergütung ist häufig  
niedriger, als der Bezugsstrom

# 1.2 Vergütungsübersicht ab 1. Februar 2014

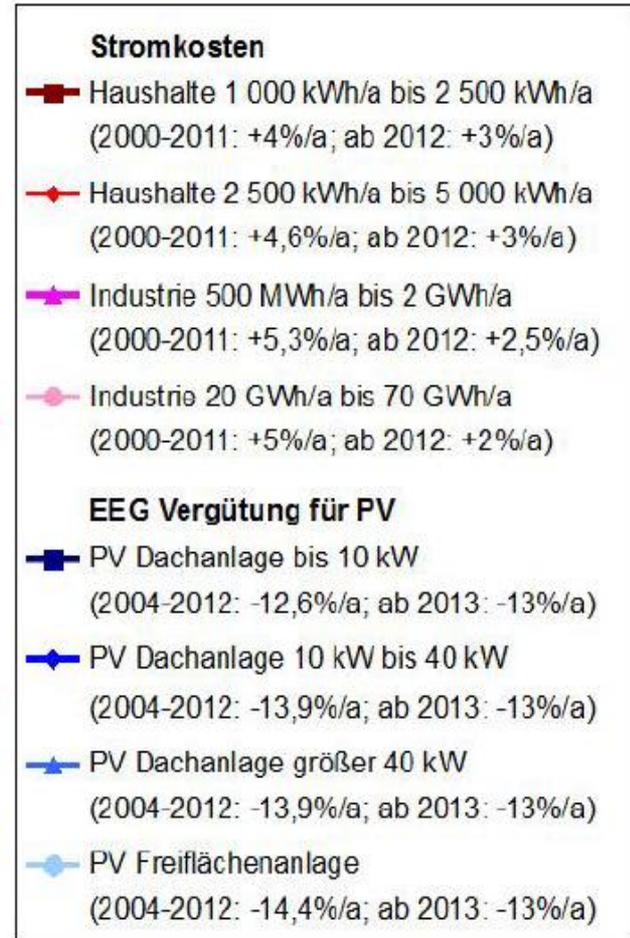
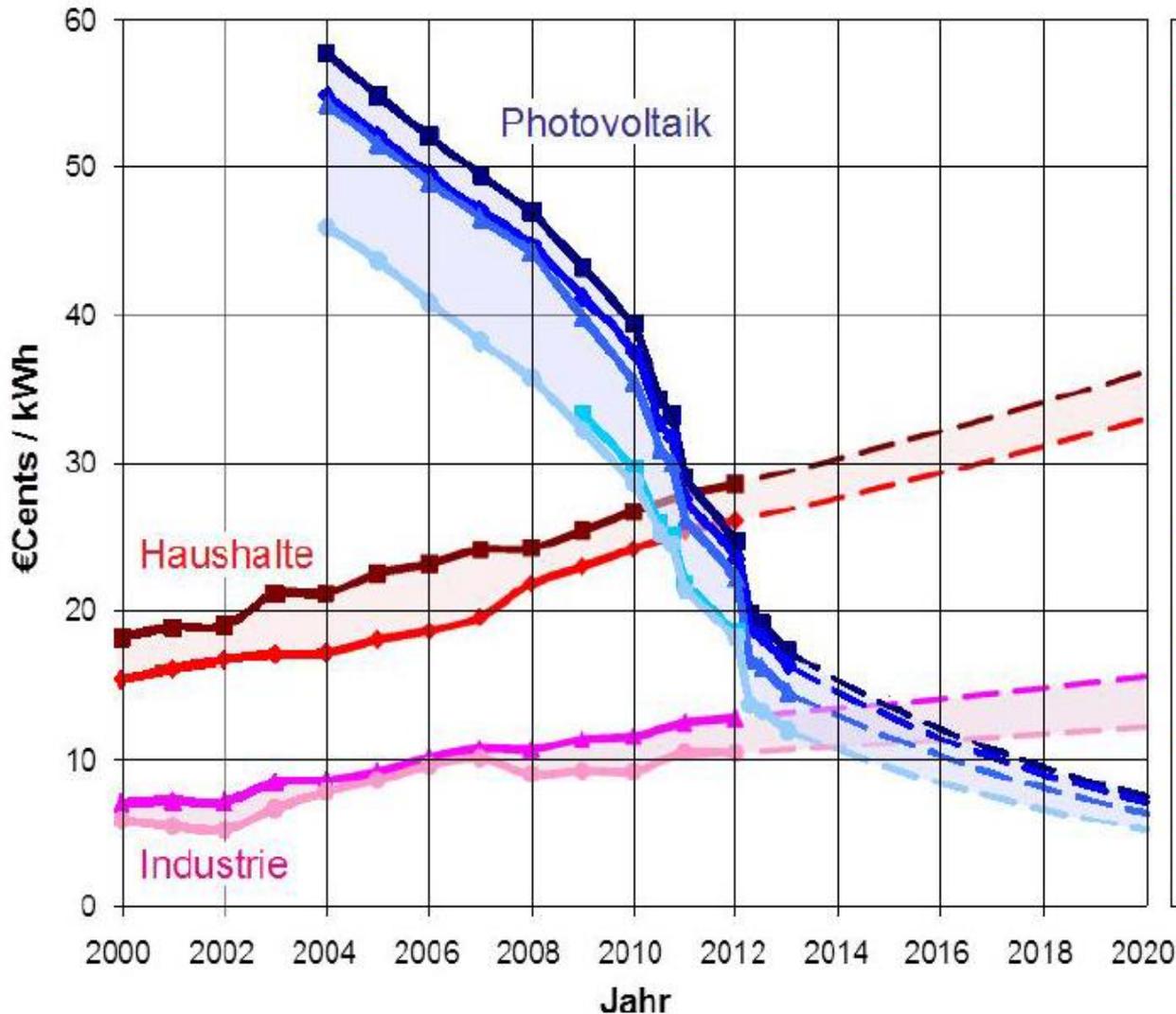
Einspeisevergütung	Degression [%]	Bis 10 kWp [Ct/kWh]	10–40 kWp [Ct/kWh]	ab 40 kWp [Ct/kWh]	ab 1000 kWp bis 10MWp	Freiflächenanlagen
Januar	1,4	13,68	12,98	11,58	9,47	9,47
Februar	1	13,55	12,85	11,46	9,38	9,38
März	1	13,41	12,72	11,35	9,28	9,28
April	1	13,28	12,60	11,23	9,19	9,19

Quelle: <http://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/wirtschaftlichkeit/einspeiseverguetung>

## Anlagengröße

- Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen und Flächen längs von Autobahnen und Schienenwegen erhalten eine einheitliche Einspeisevergütung.
- Dach- und Freiflächenanlagen, die eine Leistung jenseits von 10 Megawatt haben, erhalten keine Einspeisevergütung.

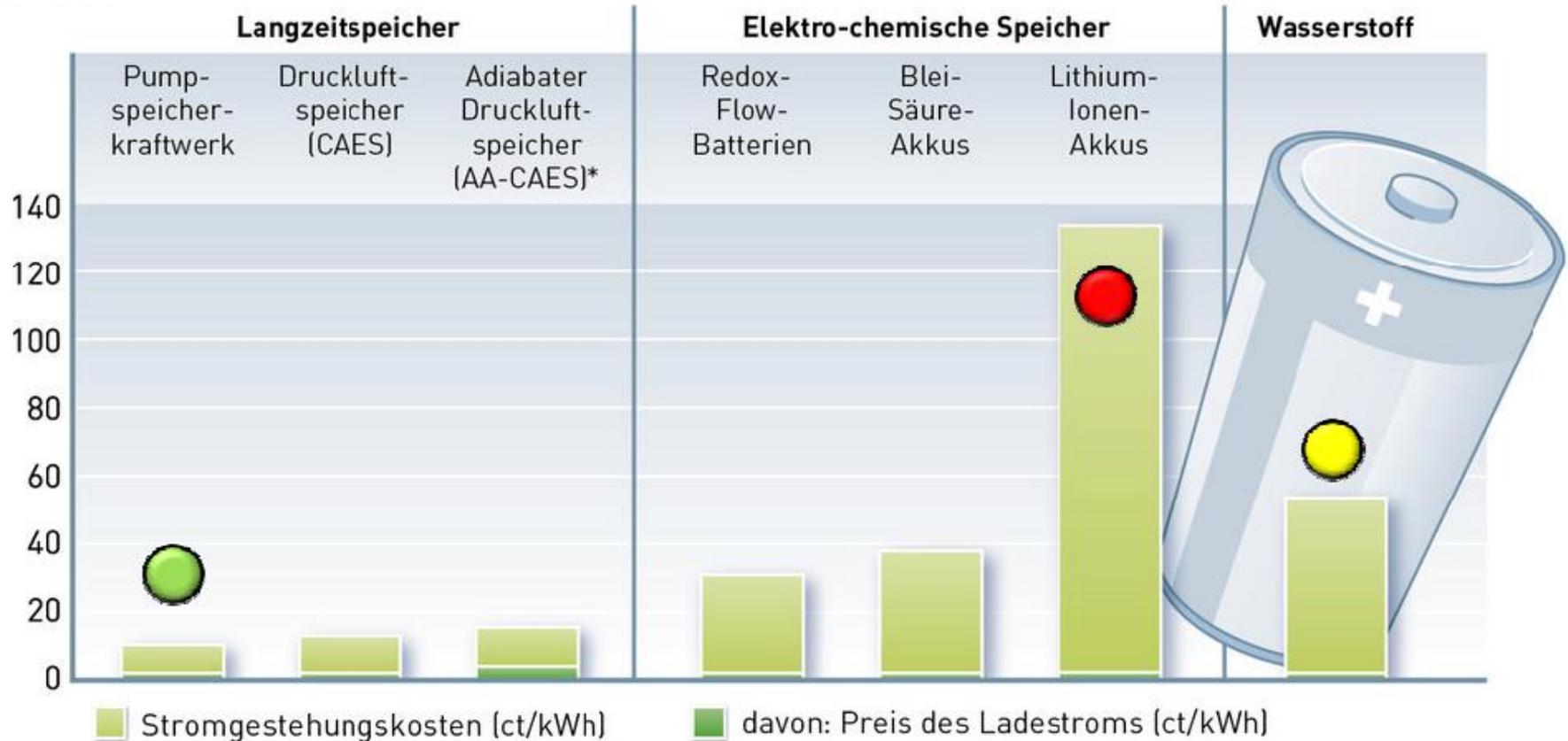
# 1.3 Prognosen Strompreis und Eigenstrom



Quelle: Fraunhofer Institut

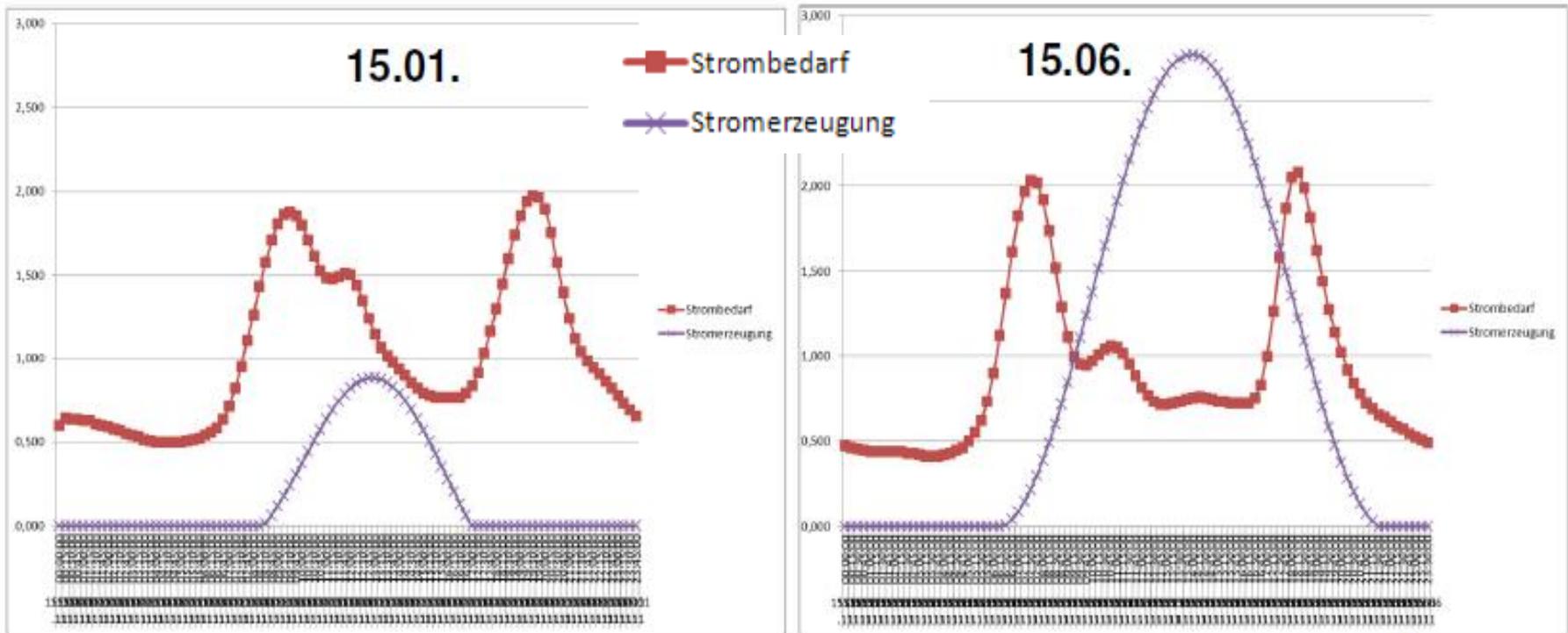
# 1.4 elektrische Energiespeicher

## Stromgestehungskosten verschiedener Stromspeicher in ct/kWh



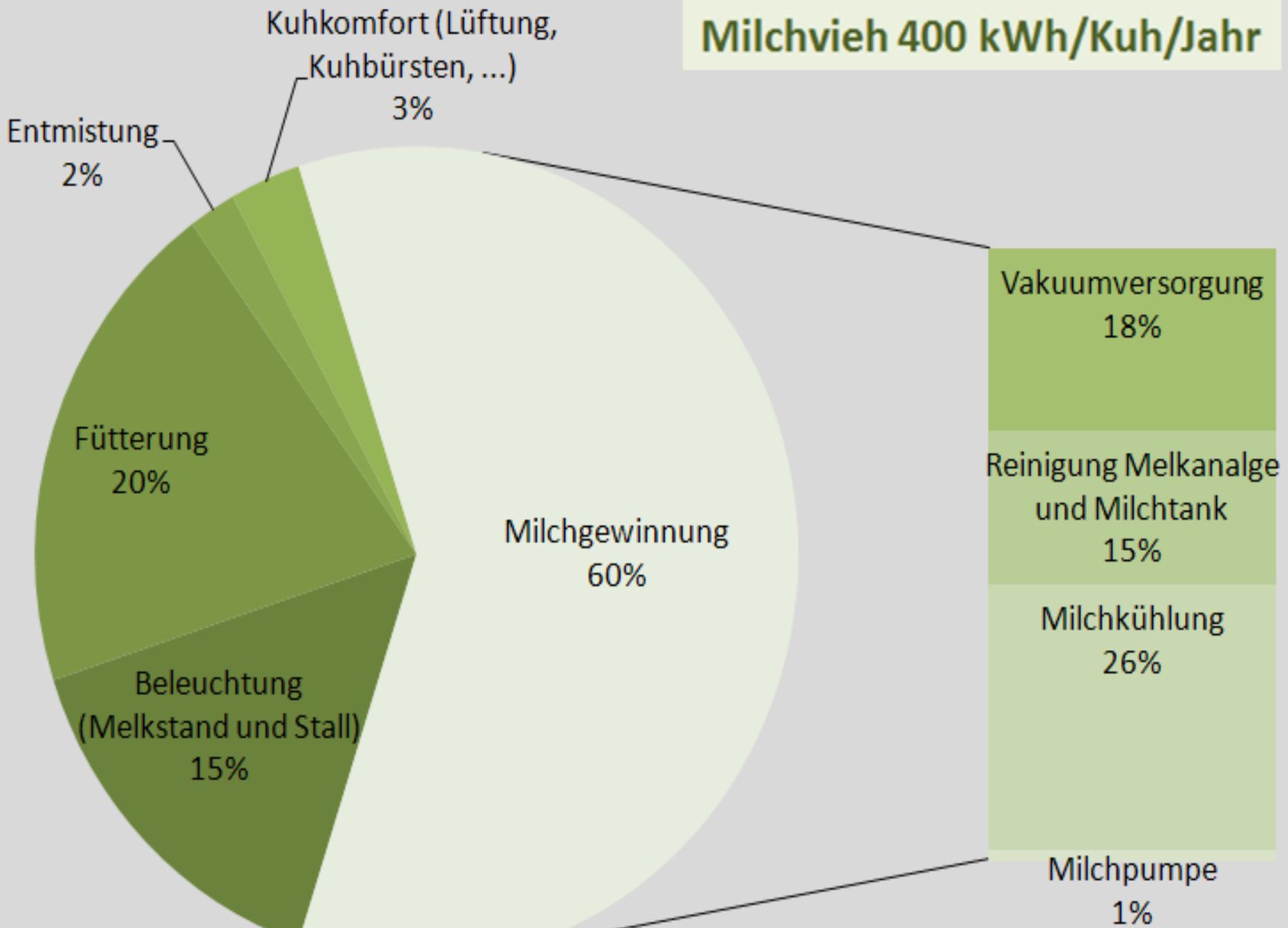
Angenommen werden eine Speicherkapazität von 6 h (Wasserstoff: 200 h) und durchschnittliche Wirkungsgrade im Jahr 2009 [\*Prognose 2020].

# 1.5 Eigenstrom Nutzung in der Milchviehhaltung



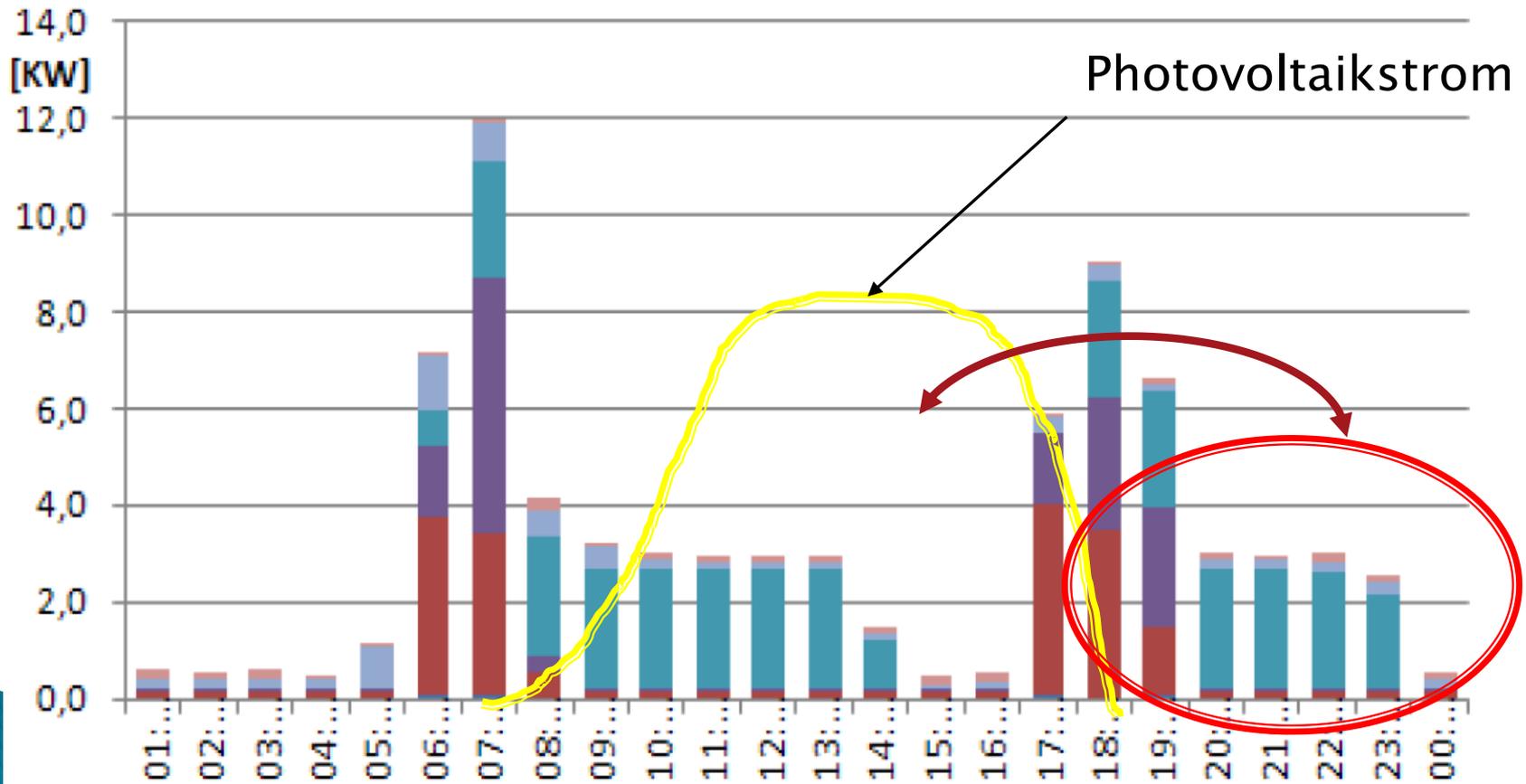
- 59% Eigenverbrauch am Beispiel Milchvieh, 150 Kühe, 20 kWp
- Spannbreiten des Eigenverbrauchs von 20 – 72% aus Region bekannt

# Milchvieh 400 kWh/Kuh/Jahr



Quelle: AEL und eigene Berechnungen

# Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)

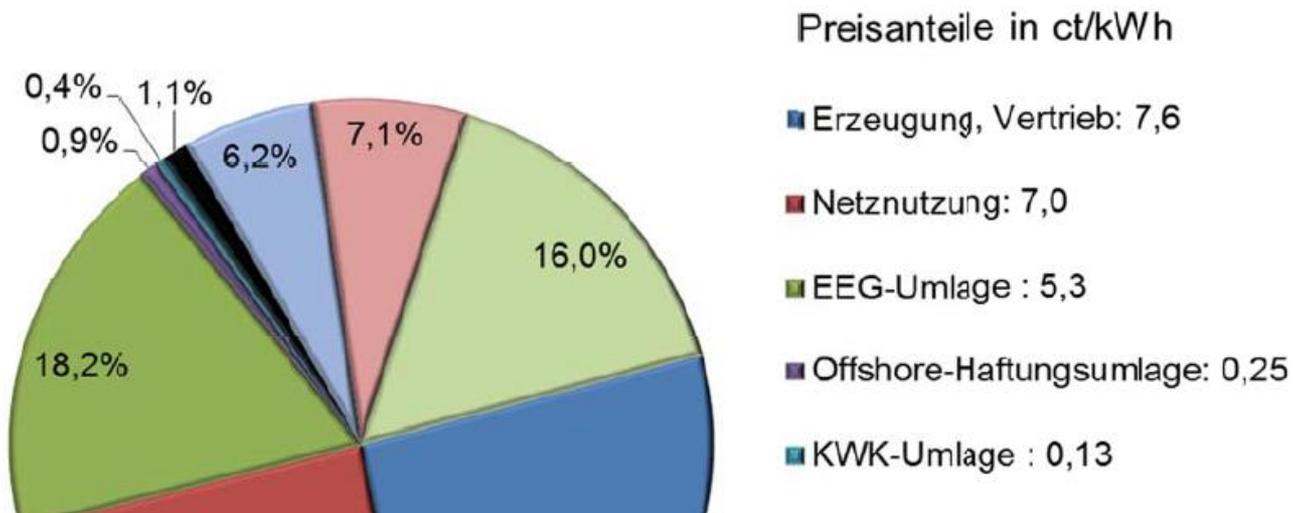


Quelle: Neiber LfL

## Kostenvergleich Direktkühlung Eiswasserkühlung

Stromkostenvergleich verschiedener Kühlverfahren				
Direktkühlung	600.000kg Milch	20Wh/kg	12.000kWh 22,00ct/kWh	2.640€/Jahr
Eiswasserkühlung	400.000kg Milch	24Wh/kg	9.600kWh 16,00 ct/kWh	1.536€/Jahr
PV Eigenstrom mit 20 kW (66% Eigenstrom)	200.000kg Milch	24Wh/kg	4.800kWh 22,00ct/kWh	<u>1.056€/Jahr</u> 2.582€/Jahr
Stromkostenvergleich in 10 Jahren (mit 3% Strompreissteigerung)				
Direktkühlung nach 10 Jahren	600.000kg Milch	20Wh/kg	12.000kWh 27,40 ct/kWh	3.288€/Jahr
Eiswasserkühlung	400.000kg Milch	24Wh/kg	9.600kWh 10,00 ct/kWh	960€/Jahr
PV Eigenstrom	200.000kg Milch	24Wh/kg	4.800kWh 27,40 ct/kWh	<u>1.315€/Jahr</u> 2.273€/Jahr
Eiswasserkühlung	400.000kg Milch	24Wh/kg	9.600kWh 4,50 ct/kWh	432€/Jahr
PV Eigenstrom aus abgelaufener EEG Anlage	200.000kg Milch	24Wh/kg	4.800kWh 27,40 ct/kWh	<u>1.315€/Jahr</u> 1.747€/Jahr

# Wer soll das bezahlen? Wer hat so viel Geld?



**Derzeit etwa 7 Ct/kWh für Netznutzung**

**Sie rüsten auf 50% Eigenstrom um !**

**⇒ Netznutzung entfällt auf restliche 50%**

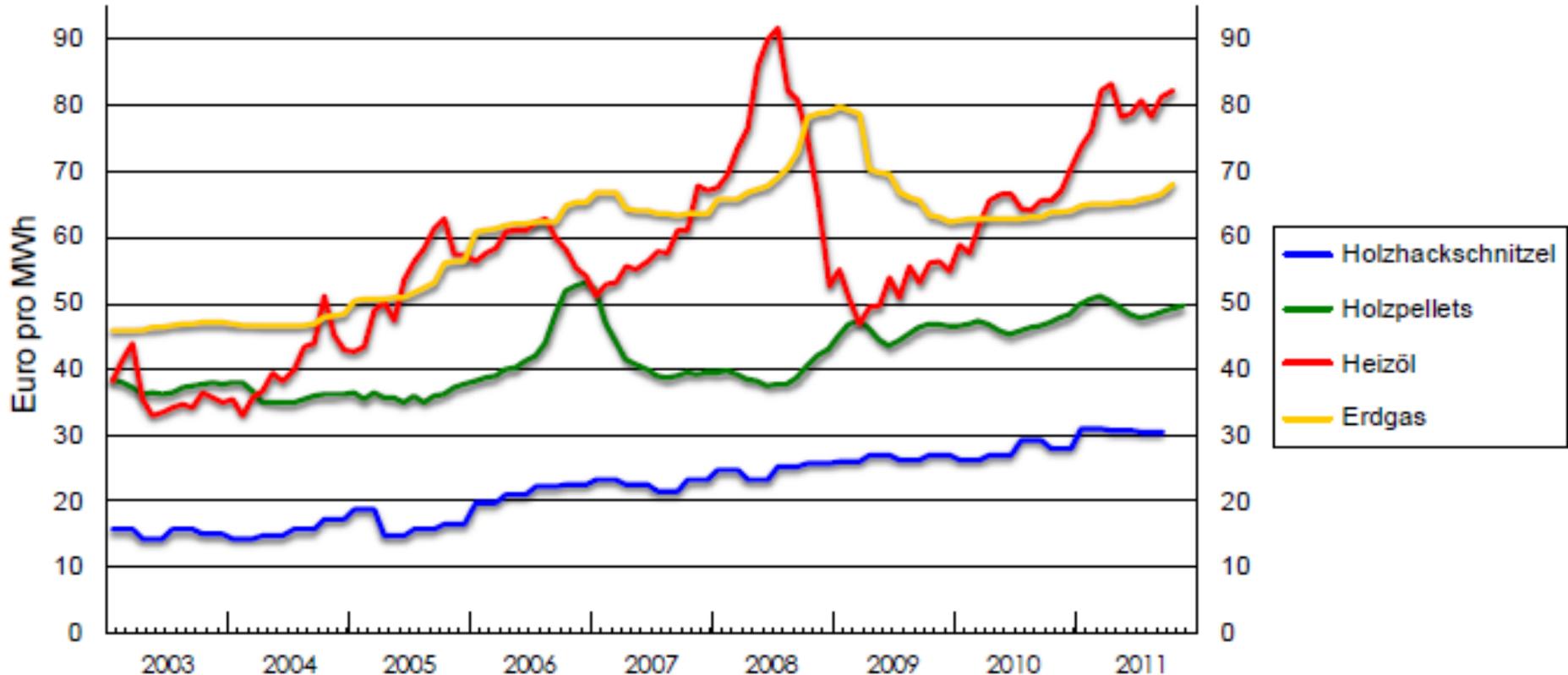
**⇒ Langfristig 14 Ct/kWh Netznutzung**

# Fazit zum Thema Photovoltaik

- *Nach Ablauf der Einspeisevergütung über EEG wird Börsenpreis bezahlt*
- *Umstellung auf Eigenstrom Nutzung Wirtschaftlich prüfen*
- *Elektrische Energiespeicher nur „Großtechnisch“ Wirtschaftlich*
- *Energiespeicher können durch Lastverschiebung zum teil umgangen werden*
- *Eiswassertechnik mit Eigenstrom oder ausgelaufener PV-Anlage für die Milchkühlung durchaus wirtschaftlich. (Energetisch ?)*
- *Hauptstromverbrauch in der Milchviehhaltung liegt in der Milchgewinnung und dabei hauptsächlich bei der Milchkühlung => Lastverschiebung zu PV*
- *Lastgang von AMS eignet sich besser für PV Eigenstrom als Melkstand*

## 2. Heizung/Nachbarschaftsheizung

Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln (WG 35),  
Holzpellets, Heizöl und Erdgas



## 2.1 Feuerung im Haus (Scheitholz)

**Energieeinsatz: 26,7 MWh / a**  
**Brennstoffbedarf: 6,7 t = 20 Ster**



Investition Anlage:	9.550 €
Förderung:	1.125 €

---

Kapitalgeb. Kosten:	830 €
Brennstoffkosten:	1.433 €
Sonstige Kosten :	73 €

(Strom, Emissionsmessung, Kaminkehrer)

---

Jahresgesamtkosten:	2.250 €
Wärmegestehungskosten	112 €/MWh

## 2.1 Feuerung im Haus (Pellet)

**Energieeinsatz: 23,5 MWh / a**  
**Brennstoffbedarf: 4,8 t**



Investition Anlage:	14.150 €
Förderung:	2.000 €

---

Kapitalgeb. Kosten:	1.371 €
Brennstoffkosten:	1.104 €
Sonstige Kosten (Strom, Emissionsmessung, Kaminkehrer)	188 €

---

Jahresgesamtkosten:	2.509 €
Wärmegestehungskosten	125 €/MWh

## 2.1 Feuerung im Haus (Hackschnitzel)

**Energieeinsatz: 25 MWh / a**

**Brennstoffbedarf: 6,3 t = 35 Srm HS**



Investition Anlage: 20.200 €

Förderung: 1.000 €

---

Kapitalgeb. Kosten: 1.957 €

Brennstoffkosten: 844 €

Sonstige Kosten: 188 €

(Strom, Emissionsmessung, Kaminkehrer)

---

Jahresgesamtkosten: 2.912 €

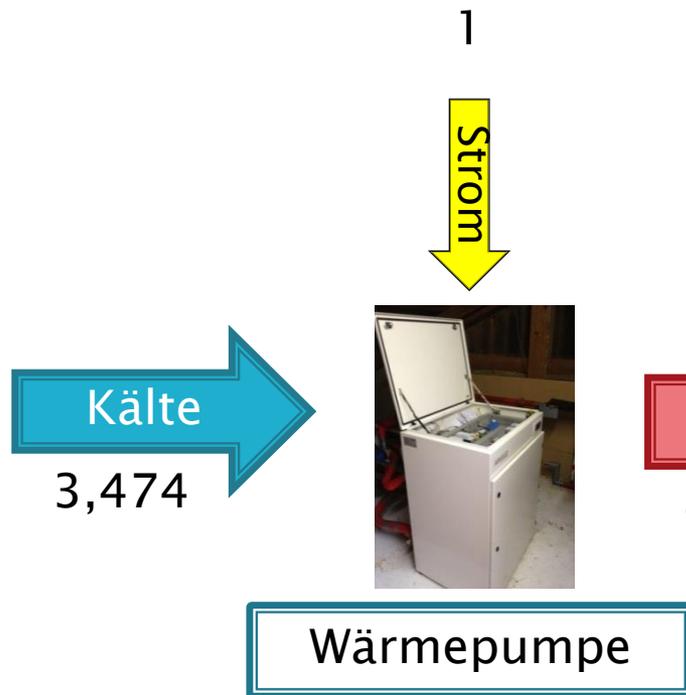
Wärmegestehungskosten 146 €/MWh

## 2.2 Wärmepumpe

Die Leistungszahl  $\epsilon$  einer Wärmepumpe, Coefficient of Performance (COP), ist der Quotient aus Nutzen zu Aufwand.

Da real auch mit Verlusten zu rechnen ist, wird der Quotient noch mit einem Gütegrad (0,5 - 0,6) multipliziert.

Temperaturen sind in Kelvin einzugeben (273,15K = 0°C)



$$COP_{Warm} = \frac{T_{Warm}}{T_{Warm} - T_{Kalt}} * Gütegrad$$

$$Wirkungsgrad = \frac{Nutzen}{Aufwand} = \frac{Kälte / Wärme}{Strom}$$

Beispiel:  $T_{Warm} = 313,15K$  (40°C),  $T_{Kalt} = 278,15K$  (5°C)

$$COP = \frac{313,15K}{(313,15 - 278,15)K} * 0,5 = 4,474$$

# Darstellung thermischer Energieverbraucher am Hof mit Temperaturniveaus

## ▶ Kälteverbraucher

- ▶ Milchkühlung (5°C)
- ▶ Kühlschrank (~ 4°C)
- ▶ Gärsubstrat (5 – 10°C)
- ▶ Käselager (~ 10°C)
- ▶ Gefrierschrank (-18°C)
- ▶ Kondensationstrockner

## ▶ Wärmeverbraucher

- ▶ Brauchwasser (60°C)
- ▶ Heizung (40 – 80°C)
- ▶ Reinigung (60 – 90°C)
- ▶ Käserei (35 – 50°C)
- ▶ Fermenter (40°C)
- ▶ Kondensationstrocknung

# Bilder aus der Praxis

## Geothermie- güllegrube

Da Güllegruben häufig bis vier Meter tief ins Erdreich eingebettet sind, kann die dort relativ konstante und warme Erdwärme kostengünstig über eine Soleleitung erschlossen werden.



# Vergleich über Betriebspunkt (COP)

Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a
Strompreis WP	15 Ct/kWh	Strompreis WP	15 Ct/kWh	Strompreis WP	15 Ct/kWh
Kalkulationszeitraum	20 Jahre	Kalkulationszeitraum	20 Jahre	Kalkulationszeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	3,00%	Kalkulationszinssatz	3,00%	Kalkulationszinssatz	3,00%

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
<b>COP ( B10/W35 )</b>	<b>6,04</b>
Stromaufwand	497 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>8,51 Ct/kWh</b>

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
<b>COP ( B5/W45 )</b>	<b>4,23</b>
Stromaufwand	709 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>9,57 Ct/kWh</b>

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
<b>COP ( B0/W65 )</b>	<b>2,36</b>
Stromaufwand	1271 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>12,38 Ct/kWh</b>

# Vergleich über Strompreis

Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a
<b>Strompreis WP</b>	<b>25 Ct/kWh</b>	<b>Strompreis WP</b>	<b>12 Ct/kWh</b>	<b>Strompreis WP</b>	<b>5 Ct/kWh</b>
Kalkulationszeitraum	20 Jahre	Kalkulationszeitraum	20 Jahre	Kalkulationszeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	3,00%	Kalkulationszinssatz	3,00%	Kalkulationszinssatz	3,00%

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
COP ( B0/W55 )	2,99
Stromaufwand	1672 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>14,39 Ct/kWh</b>

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
COP ( B0/W55 )	2,99
Stromaufwand	803 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>10,04 Ct/kWh</b>

	WP 15 (R407C)
Anschaffung WP	8.838 €
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €
Installation	500 €
Förderung	- 3.400 €
Investitionssumme	17.938 €
	1206 €/a
COP ( B0/W55 )	2,99
Stromaufwand	334 €/a
<b>Wärmekosten</b>	<b>7,70 Ct/kWh</b>

# Gegenüberstellung günstiger und ungünstiger Betriebseinsätze

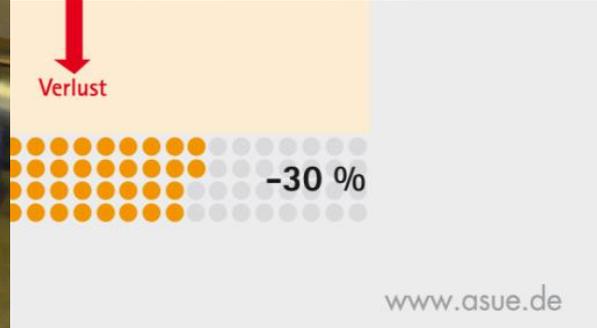
Wärmemenge	20.000 kWh/a	
Milchkühlung 800 l	11.242 kWh/a	
<b>Strompreis WP</b>	<b>25 Ct/kWh</b>	<b>12 Ct/kWh</b>
Kalkulationszeitraum	20 Jahre	
Kalkulationszinssatz	3,00%	

## Fazit:

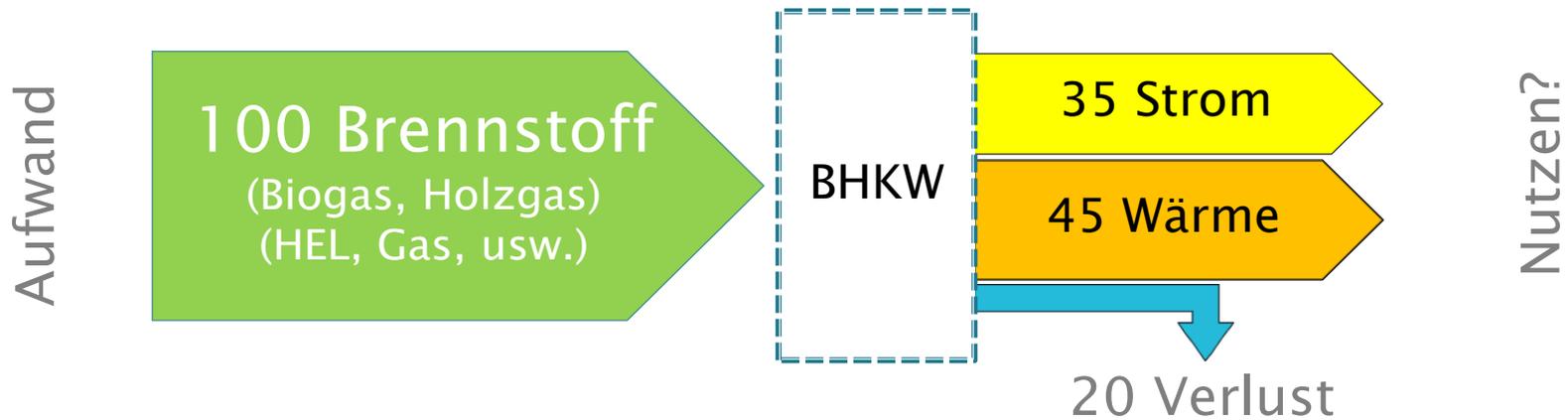
Bei guter Einbindung der Wärmepumpe in den Betrieb kann trotz Umlegung aller Kosten zur Michkühlung auf die Heiztechnik ein Wärmepreis von etwa 8 Ct/kWh erreicht werden. Bei günstigem Strom aus auslaufenden PV-Anlagen und/oder eines geringeren Temperaturhubes können diese Kosten noch weiter gesenkt werden.

	ungünstig	günstig
Anschaffung WP	8.838 €	8.838 €
Milchkühler	2.300 €	-
Erdkörbe (1.000 €/kW)	12.000 €	-
Milchwanne / Güllegrube	-	2.500 €
Installation	500 €	500 €
Förderung	- 3.400 €	- 3.400 €
Investitionssumme	20.238 €	8.438 €
	1.360 €/a	567 €/a
COP ( B0/W55 )	2,99	2,99
Stromaufwand WP	1.672 €/a	803 €/a
Stromaufwand Kühlung	940 €/a	
Wärmekosten	15,16 Ct/kWh	6,85 Ct/kWh
Kühlkosten	1.095 €/a	
<b>Kosten gesamt</b>	<b>4.127 €/a</b>	<b>1.370 €/a</b>

# 2.3 Königsklasse der Wärmeverversorgung KWK Technik



# Wirkungsgrad $\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$



$$\begin{aligned}\eta_{el} &= 35 / 100 = 35\% \\ \eta_{th} &= 45 / 100 = 45\% \\ \eta_{ges} &= 80 / 100 = 80\%\end{aligned}$$

# 3. Biogas (Güllenutzungsmöglichkeiten)

- Rohgülle

(Unveränderte Gülle wird über Transportfahrzeug zur Biogasanlage gefahren)

- Separierung

(Gülle wird in feste und flüssige Phase separiert, Energieeinsatz, Energiepotenzial wird nur zum Teil genutzt)

Ausflockungsmittel

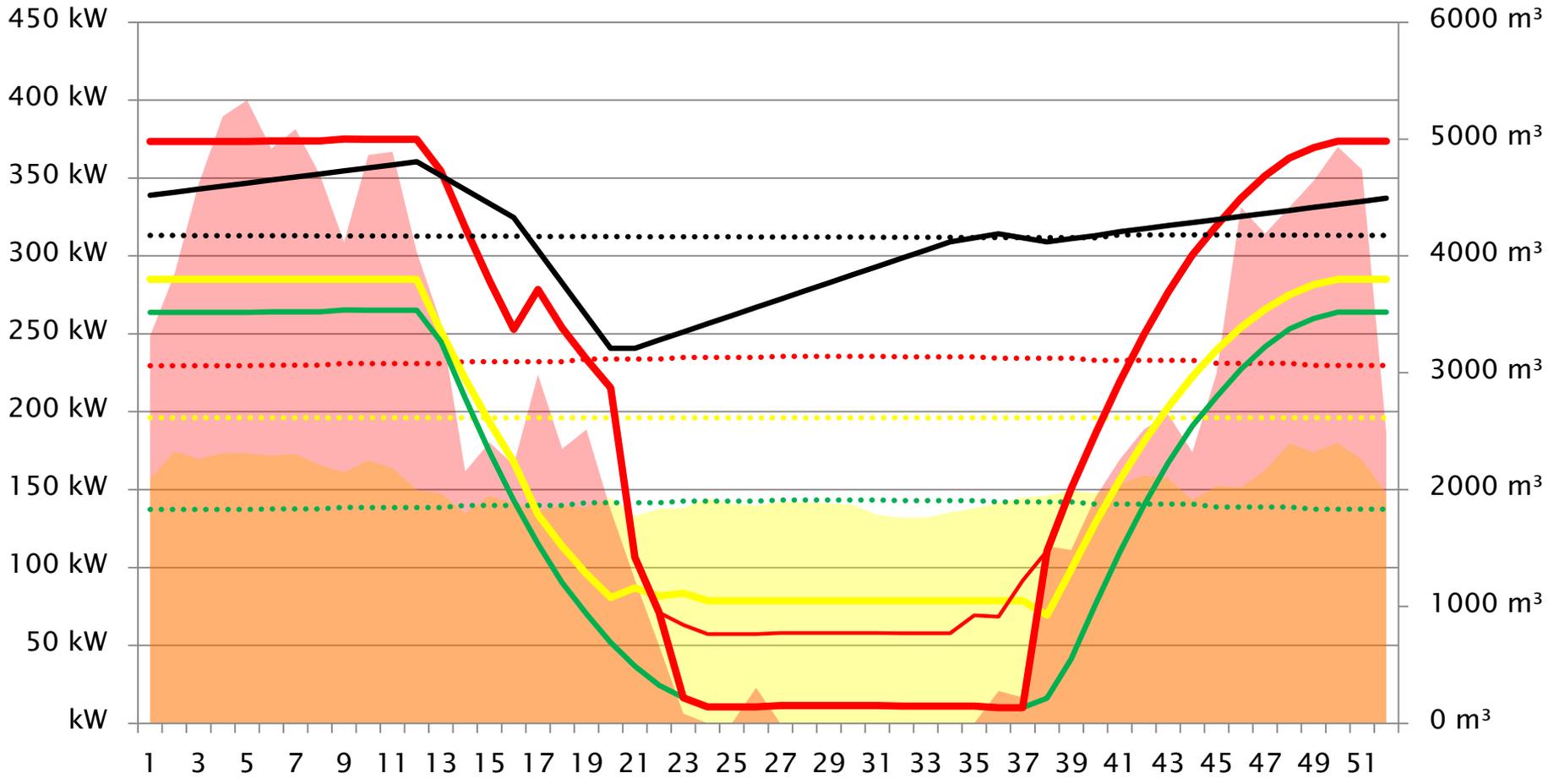
Pressschnecke

Zentrifuge

- Mikrogasleitung

(Gülletransport entfällt da Gaserzeugung am Standort der Güllelagerstätte stattfindet. Geringste Transportverluste (Transportfahrzeug weg) und höchster Gesamtwirkungsgrad möglich aber der Bau einer Mikrogasleitung erforderlich)

# 196 kW modelliert oder 178 kW mit WR



- AÜW 2010
- el. Leistung normal
- th. Leistung
- JDL Schule
- el. Leistung mit WP
- th. Leistung m. WR

# Gegenüberstellung der Verfahren

	Transport Rohgülle		Pressschnecke		Zentrifuge Uni Hoh.		Mikrogasleitung	
Energieinhalt Rohgülle	116,6 kWh/t	100%	116,6 kWh/t	100%	116,6 kWh/t	100%	116,6 kWh/t	100%
<b>Energievergl. o. Wärmerückg.</b>								
kalorisch	36 kWh/t	30,9%	47 kWh/t	40,3%	64 kWh/t	54,7%	48 kWh/t	41,5%
elektrisch/mechanisch	26 kWh/t	22,1%	24 kWh/t	15,6%	24 kWh/t	20,4%	38 kWh/t	32,7%
<b>Energievergl. m. Wärmerückg.</b>								
kalorisch	58 kWh/t	49,7%	51 kWh/t	47,7%	68 kWh/t	58,1%	70 kWh/t	60,3%
elektrisch/mechanisch	15 kWh/t	12,7%	17 kWh/t	14,6%	23 kWh/t	19,9%	27 kWh/t	23,3%

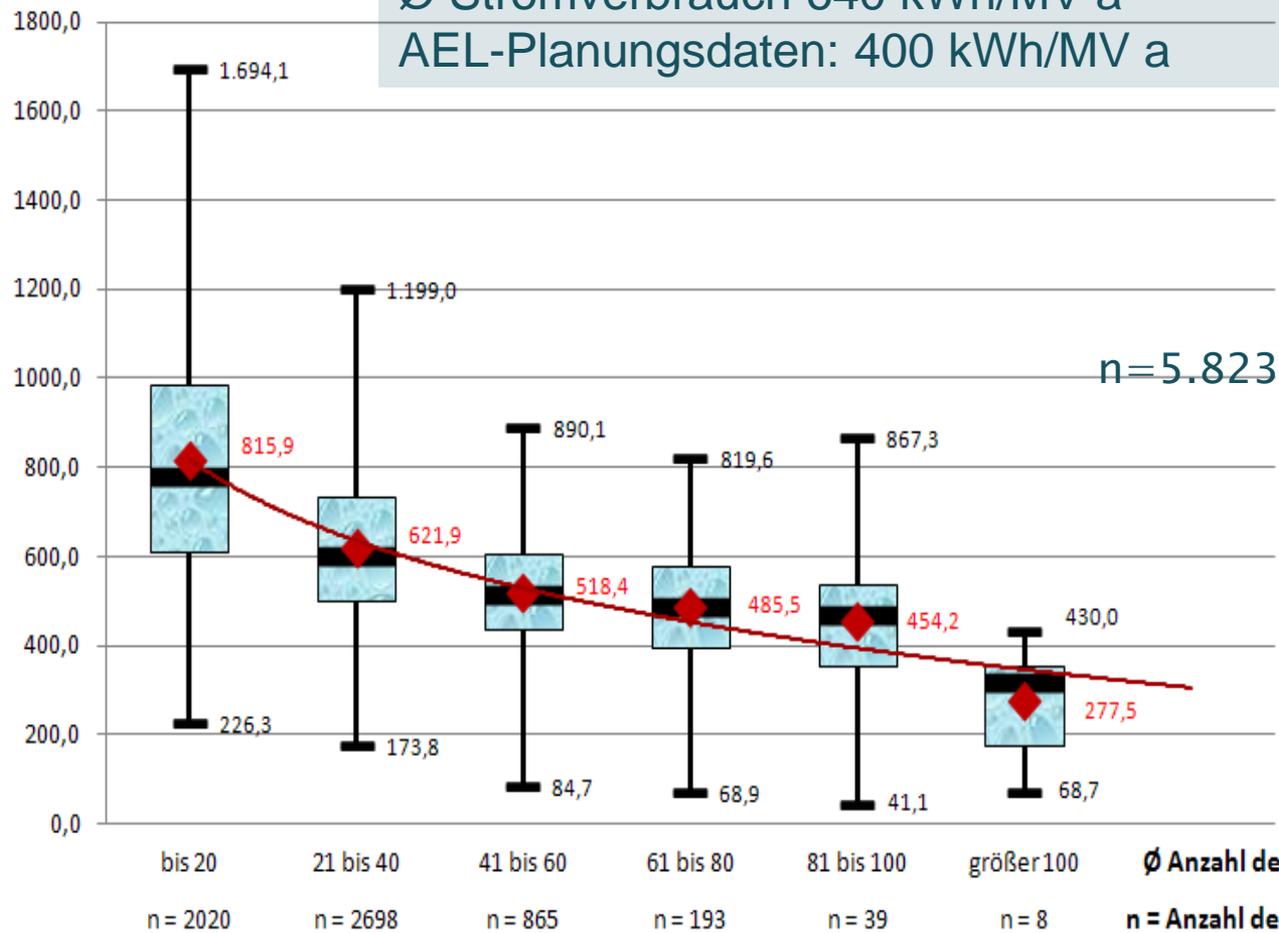
- Beste Wirkungsgrade mit Mikrogasleitung erreichbar
- Wärmeversorgung der Biogasanlage muss gut konzipiert sein, (Behälterdämmung beachten)
- Separation im Winter interessant um Wärmeauskopplung der Biogasanlage zu steigern

# 4. Energiecheck am Hof

## Durchschnittlicher Elektroenergieverbrauch je Milchkuh in Abhängigkeit von Betriebsgrößenklassen

Ø Stromverbrauch je Milchkuh  
[kWh/Jahr]

Ø Stromverbrauch 640 kWh/MV a  
AEL-Planungsdaten: 400 kWh/MV a



- I Spannbreite des Ø Elektroenergieverbrauchs je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse (um Extremwerte bereinigt - 95 % aller Betriebe)
- Interquartilsabstand vom Ø Elektroenergieverbrauch je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse (50 % aller Betriebe)
- Median des Ø Elektroenergieverbrauchs je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse
- Arithmetischer Mittelwert des Ø Elektroenergieverbrauchs je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse

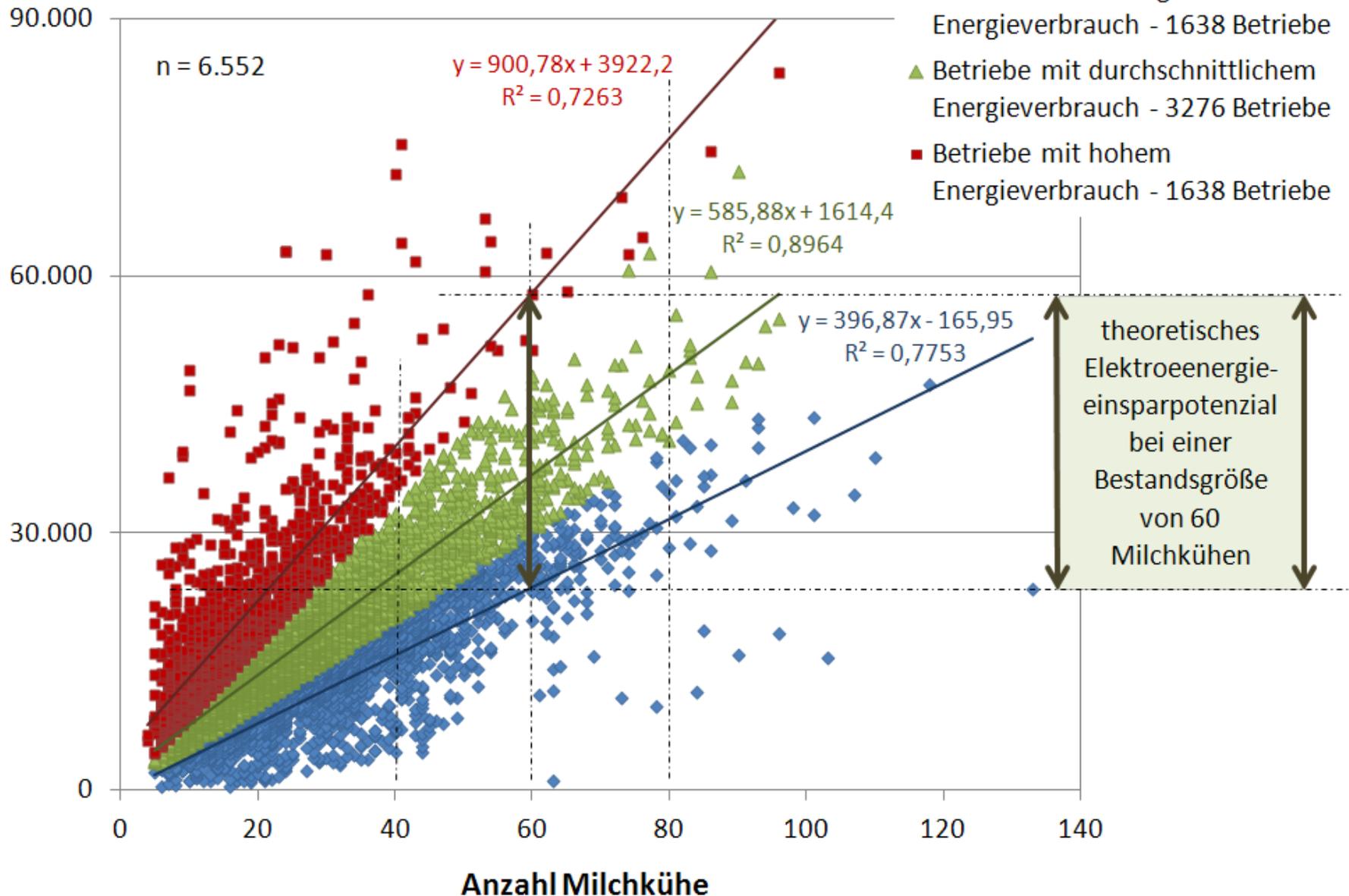
n=5.823

Ø Anzahl der Milchkühe pro Betrieb

n = Anzahl der ausgewerteten Betriebe

# Theoretisches Elektroenergieeinsparpotenzial in Milchviehbetrieben

Ø Stromverbrauch 640 kWh/MV





**1. Allgemeine Angaben**

Betriebsnummer: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Betrieb: \_\_\_\_\_ Betriebsgröße \_\_\_\_\_ ha LF  
 Straße: \_\_\_\_\_ Arbeitskräfte \_\_\_\_\_ AK  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Bitte ankreuzen!  
 Tel.: \_\_\_\_\_ Haupterwerb  Konventionell   
 e-mail: \_\_\_\_\_ Nebenerwerb  Ökologisch

**2. Angaben zu den Betriebsflächen (betriebliche Standardfruchtfolge)**

Produktionsverfahren: Beispiel/Auswahl	Anbaufläche [ha]	Ø Mechanisierung	Ø Schlaggröße	Ø Hof-Feld-		Anbau-system	Ernte-verfahren
				Entf.			
		67 kW	1 ha	2 km		Wendend	Häcksler (H)
		102 kW	2 ha	5 km		Nicht wendend	Ladewagen (L)
		200 kW	5 ha			Direktsaat	Silageballen (S)
			20 ha			Ökologisch	(B)
Weizen							
Gerste							
GPS							
Körnermais							
CCM (Corn-Cob-Mix)							
Silomais							
Raps							
Sonnenblumen							
Ackerbohnen							
Zuckerrüben							
Ackergras - Silage (5 Schitte)							
Ackergras - Silage (4 Schnitte)							
Rotklee-Gras - Silage (3 Schnitte)							
Rotklee-Gras - Heu (3 Schnitte)							
Dauergrünland - Silage (4 Schnitte)							
Dauergrünland-Heu (3 Schnitte)							
<b>Ackerfläche Gesamt</b>				<b>Dauergrünland Gesamt</b>			

**3. Tierbestände**

**3.1 Rinder**

	Ø Tiere/Jahr	Leistungsangaben	2011	2010	2009
			Milchkühe		Milchleistung [kg Milch/Jahr]
	Ø GVE/Jahr				
<b>Gesamt Rinder</b>					

# *Fazit „Machbarkeit Energiewende“*

- *Gemeinschaftlicheres Denken hinsichtlich*
  - *Heizsysteme*
  - *Speichertechniken*
  - *Stromnetze*
  - *Güllennutzung*
  - *usw.*

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit  
und einen guten Gesamtwirkungsgrad  
wünscht Ihnen*

*B. Eng. Markus Baur  
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Kempten*



**LandSchafttEnergie**