

Chancen der Energiewende in der Landwirtschaft

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Kempten)

B. Eng. Markus Baur

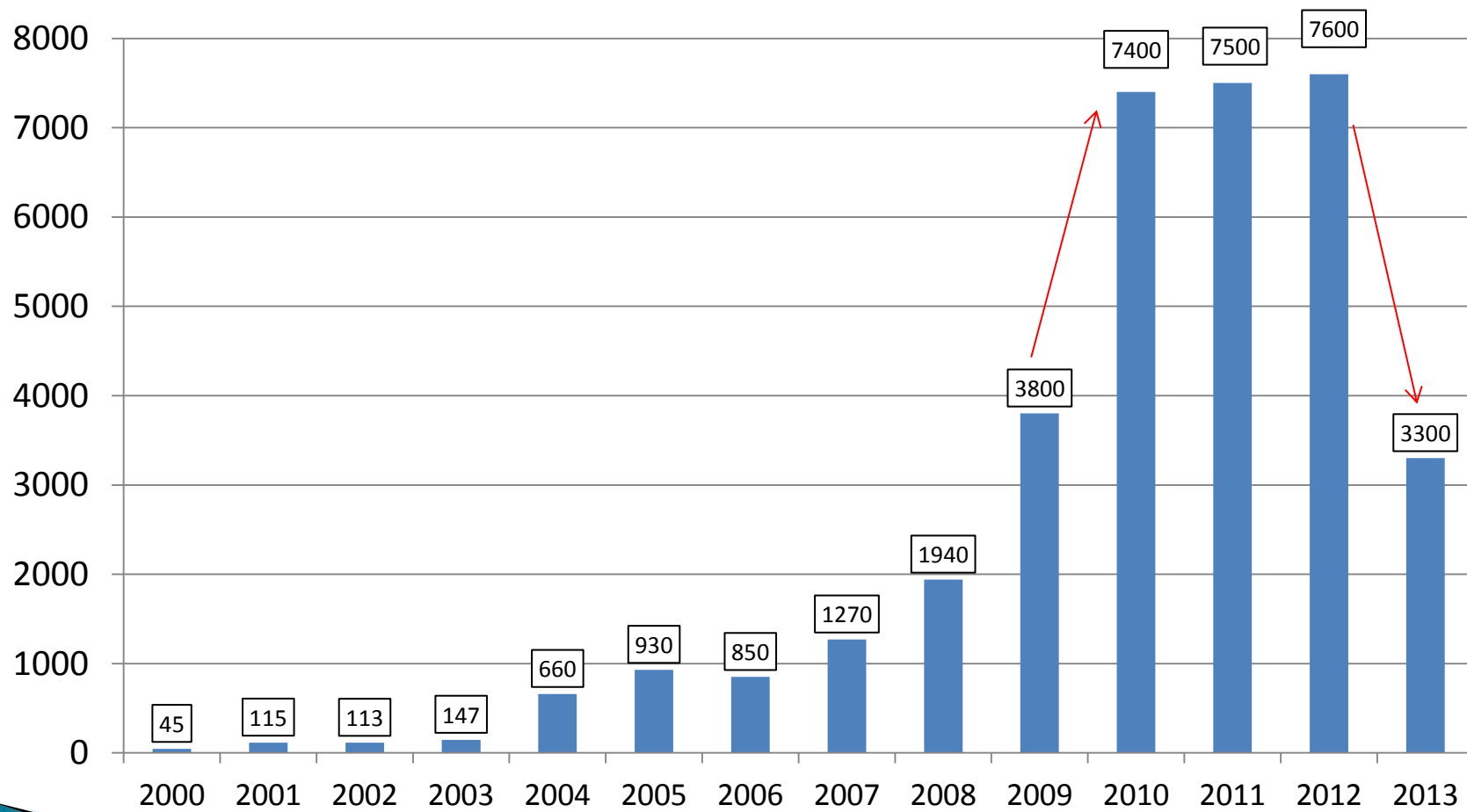
kurzer Überblick

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



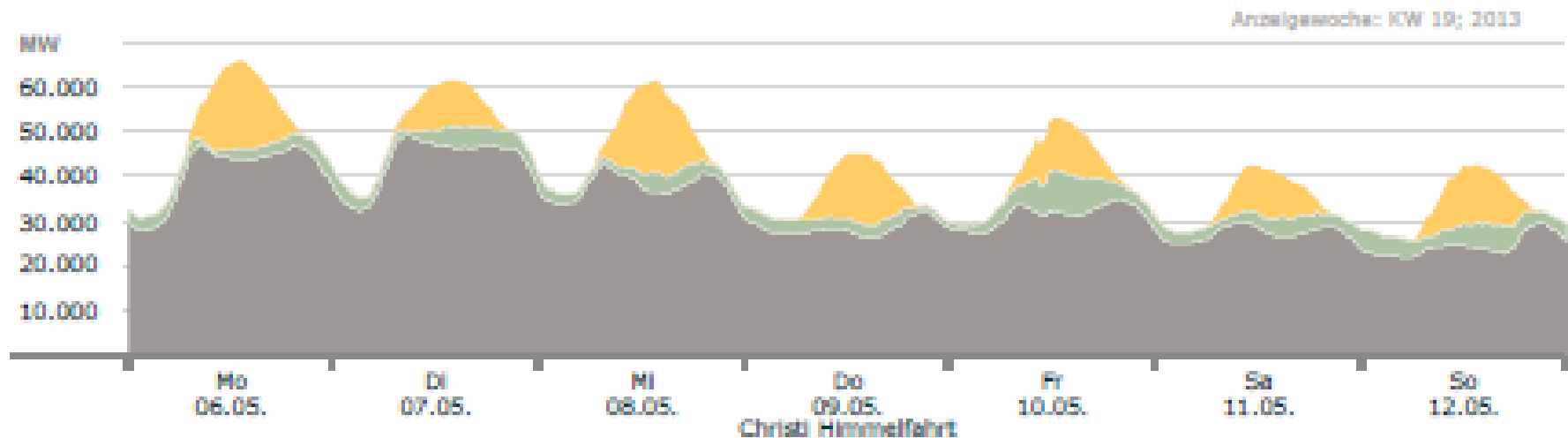
1. Photovoltaik

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

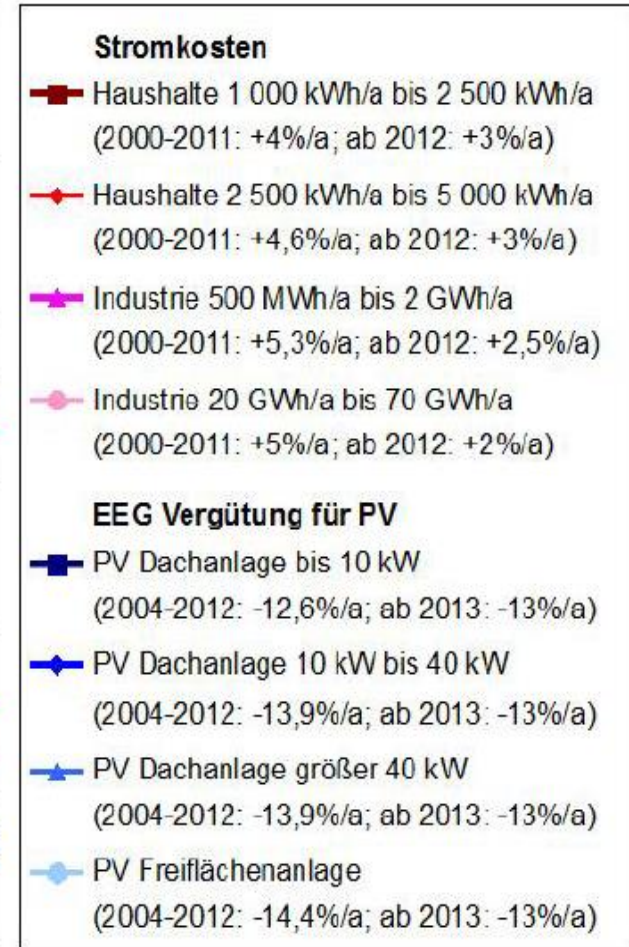
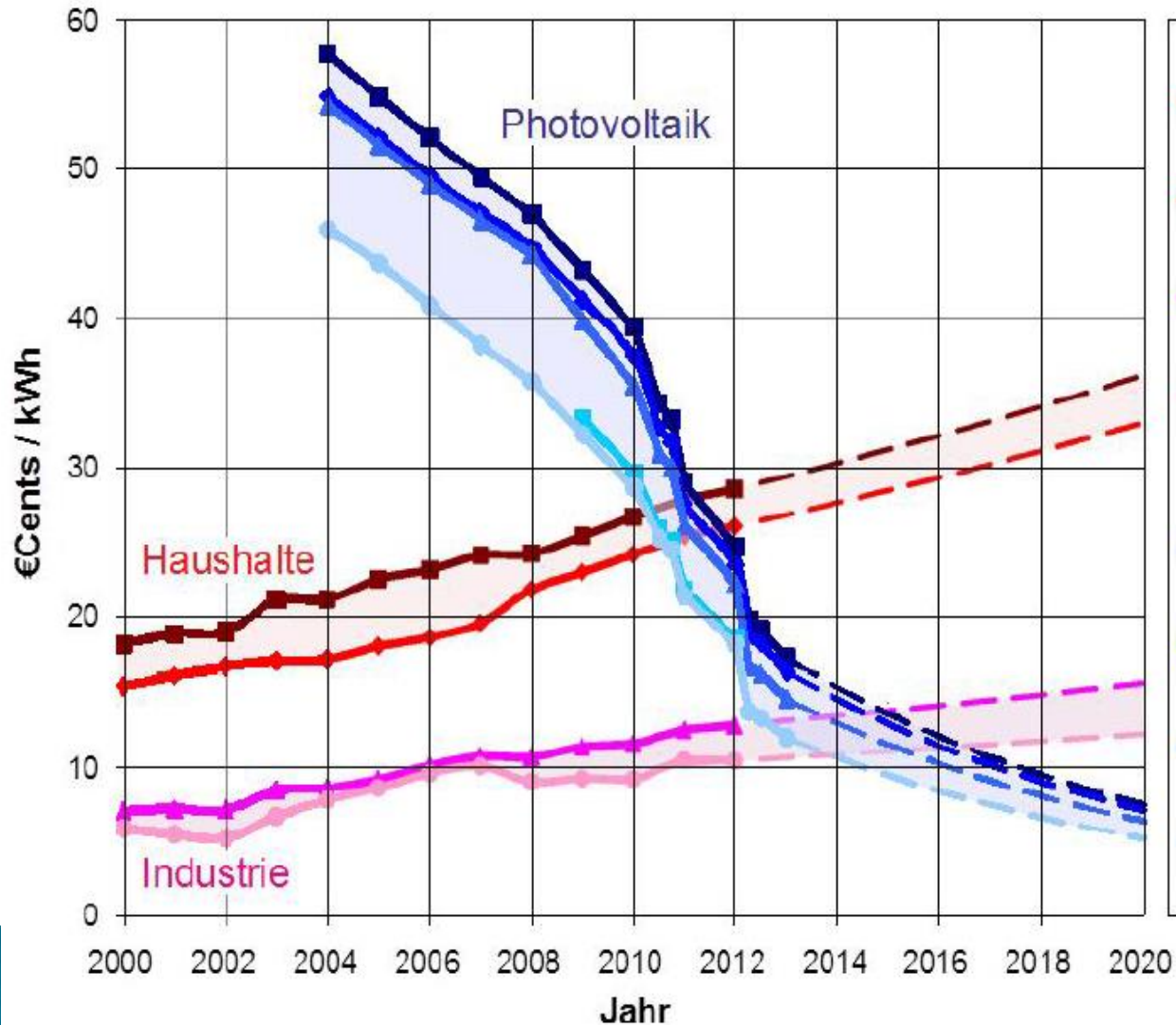
Einspeisevergütung	Degression [%]	Bis 10 kWp [Ct/kWh]	10–40 kWp [Ct/kWh]	ab 40 kWp [Ct/kWh]	ab 1000 kWp bis 10MWp	Freiflächenanlagen
Januar	1,4	13,68	12,98	11,58	9,47	9,47
Februar	1	13,55	12,85	11,46	9,38	9,38
März	1	13,41	12,72	11,35	9,28	9,28
April	1	13,28	12,60	11,23	9,19	9,19

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.

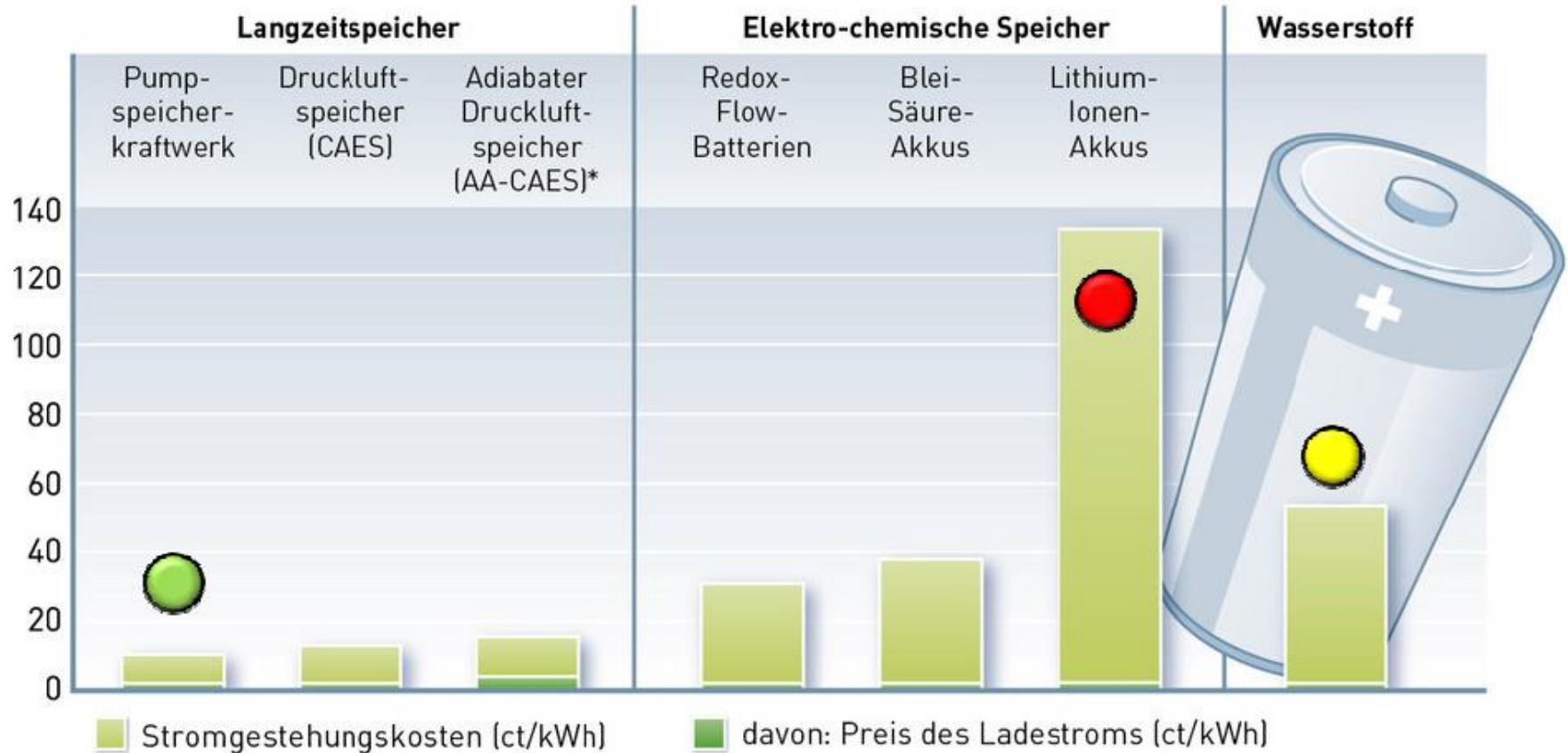
1.3 Prognosen Strompreis und Eigenstrom



Quelle: Fraunhofer Institut

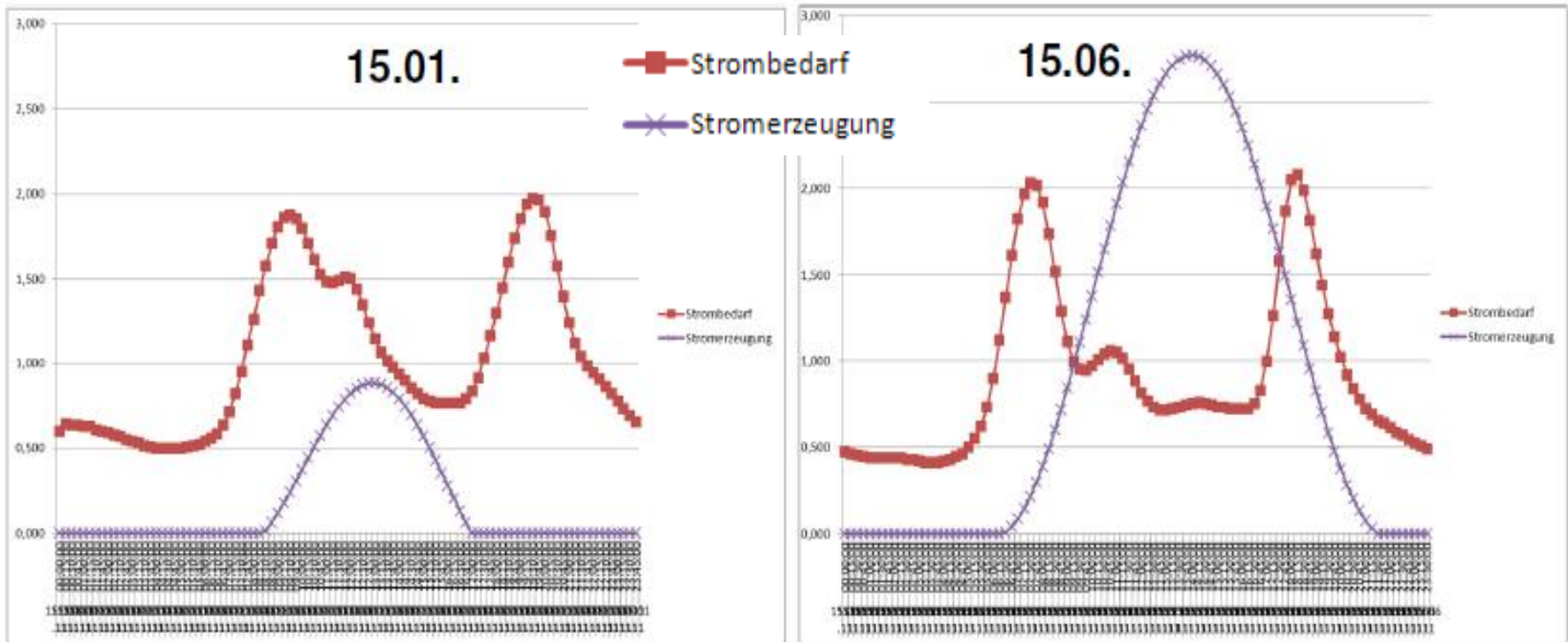
1.4 elektrische Energiespeicher

Stromgestehungskosten verschiedener Stromspeicher in ct/kWh



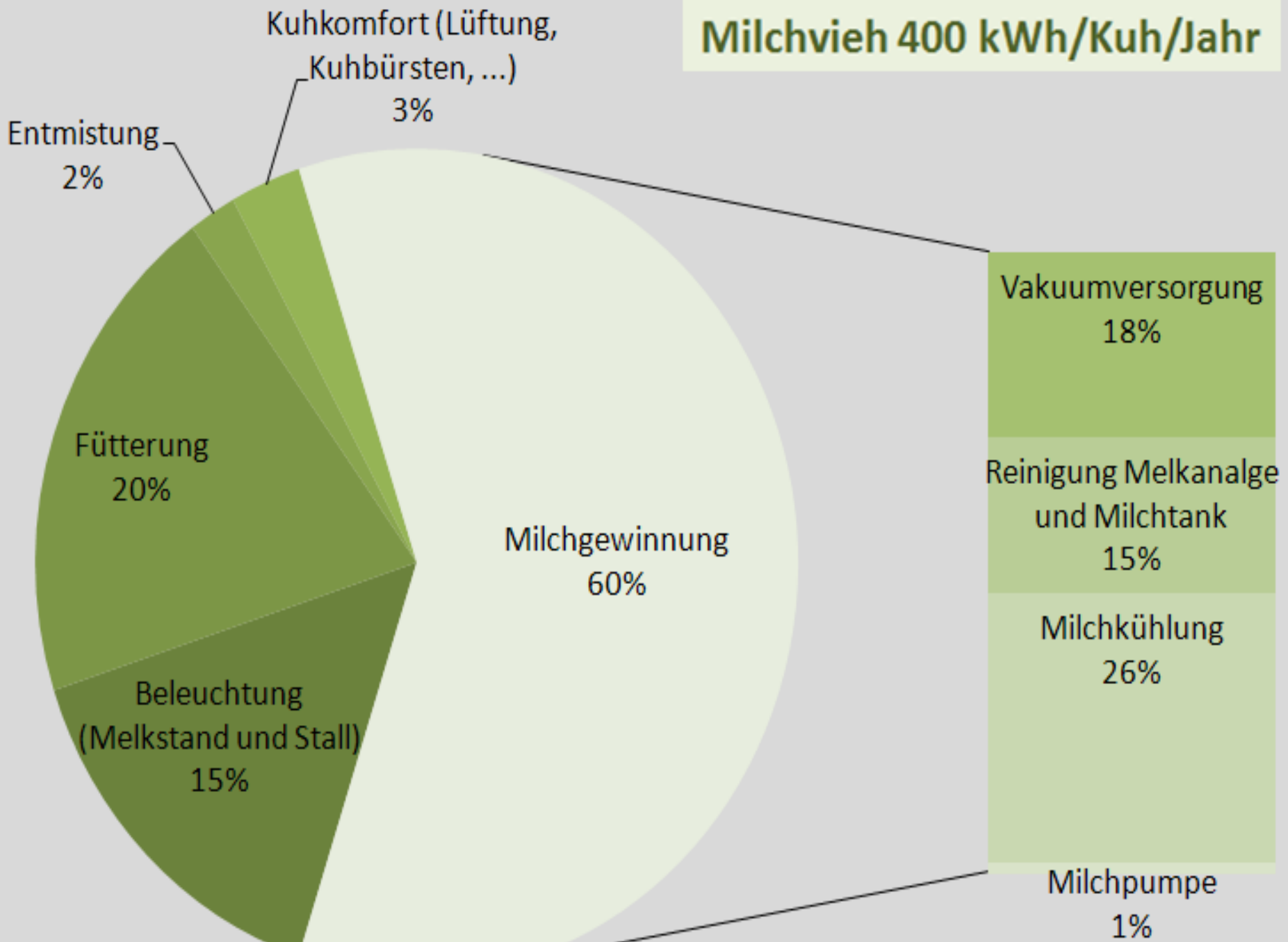
Angenommen werden eine Speicherkapazität von 6 h (Wasserstoff: 200 h) und durchschnittliche Wirkungsgrade im Jahr 2009 [*Prognose 2020].

1.5 Eigenstrom Nutzung in der Milchviehhaltung



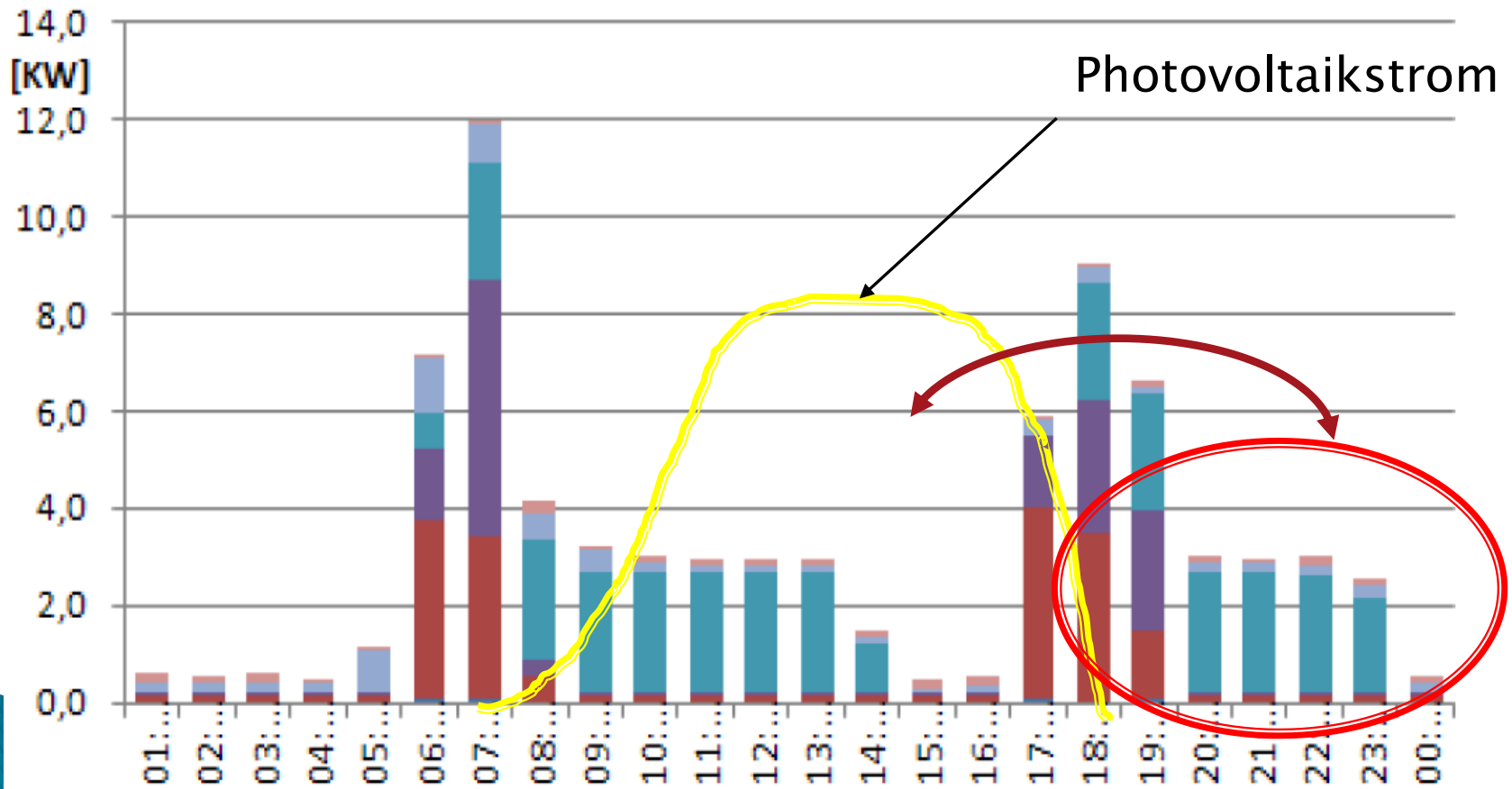
- 59% Eigenverbrauch am Beispiel Milchvieh, 150 Kühe, 20 kWp
- Spannbreiten des Eigenverbrauchs von 20 – 72% aus Region bekannt

Milchvieh 400 kWh/Kuh/Jahr



Quelle: AEL und eigene Berechnungen

Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)



Quelle: Neiber LfL

Kostenvergleich Direktkühlung Eiswasserkühlung

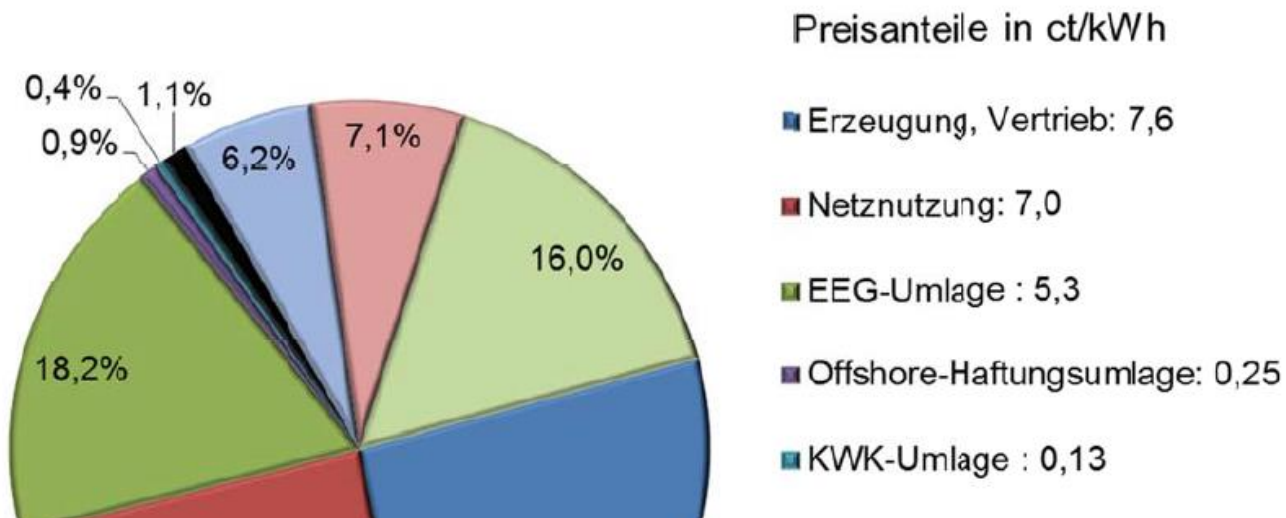
Stromkostenvergleich verschiedener Kühlverfahren

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

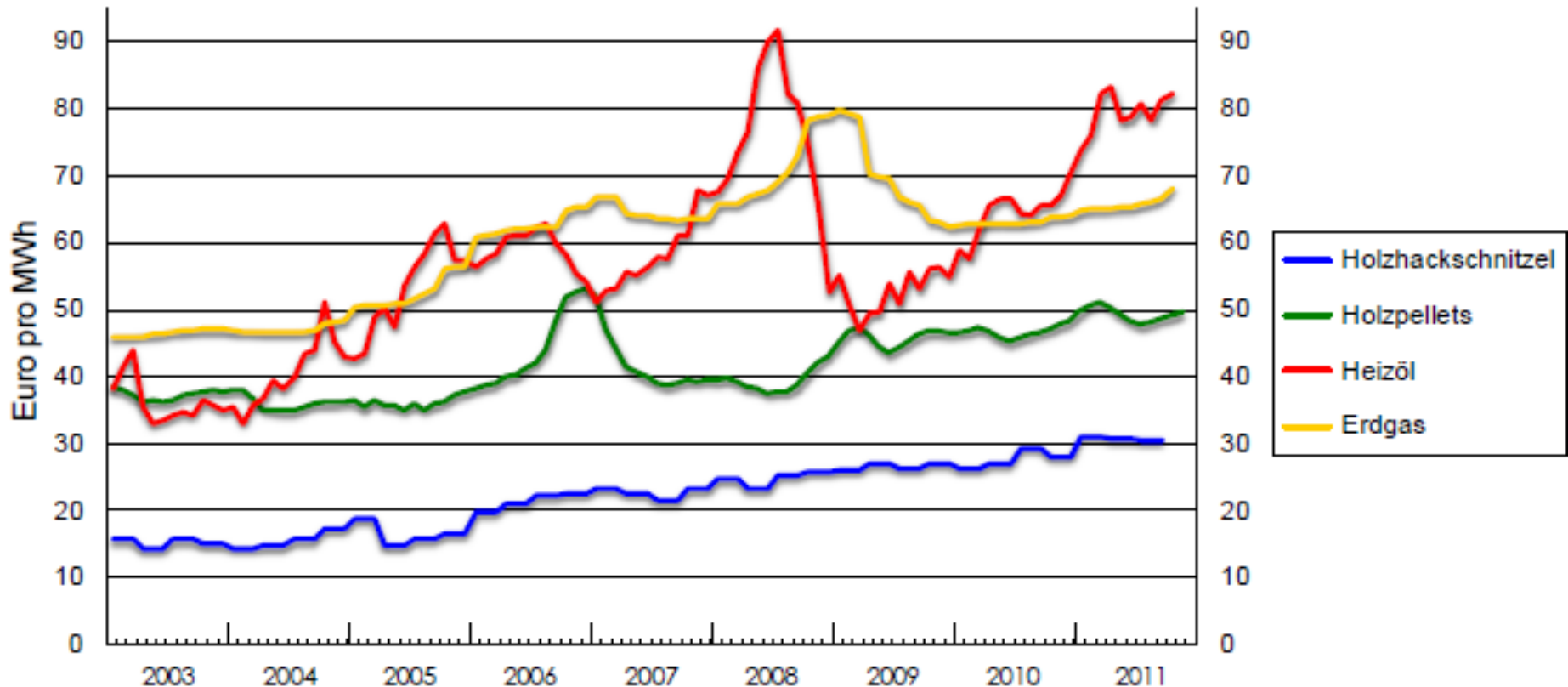
Fazit zum Thema Photovoltaik

- *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 €

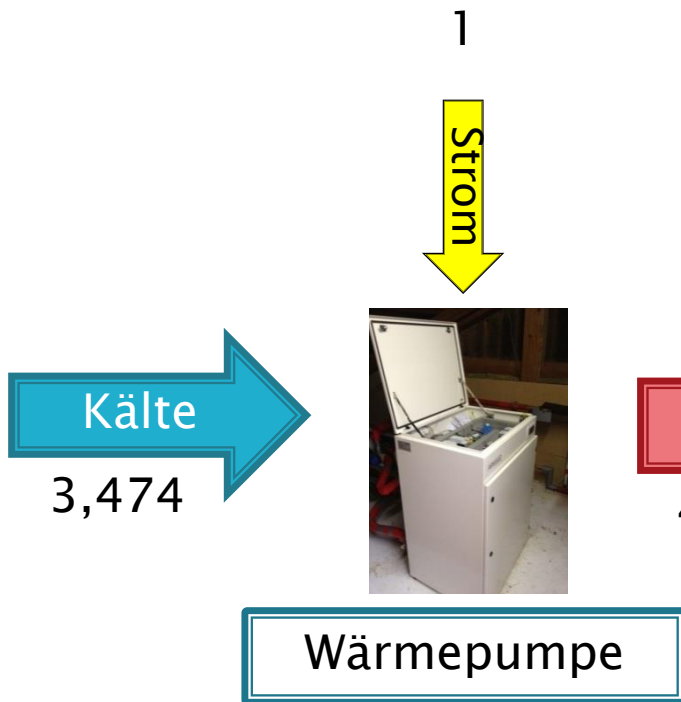
Wärmegestehungskosten 146 €/MWh

2.2 Wärmepumpe

Die Leistungszahl ϵ 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
COP (B10/W35)	6,04
Stromaufwand	497 €/a
Wärmekosten	8,51 Ct/kWh

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

	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/W65)	2,36
Stromaufwand	1271 €/a
Wärmekosten	12,38 Ct/kWh

Vergleich über Strompreis

Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a	Wärmemenge	20000 kWh/a
Strompreis WP	25 Ct/kWh	Strompreis WP	12 Ct/kWh	Strompreis WP	5 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
COP (B0/W55)	2,99
Stromaufwand	1672 €/a
Wärmekosten	14,39 Ct/kWh

	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
Wärmekosten	10,04 Ct/kWh

	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
Wärmekosten	7,70 Ct/kWh

Gegenüberstellung günstiger und ungünstiger Betriebseinsätze

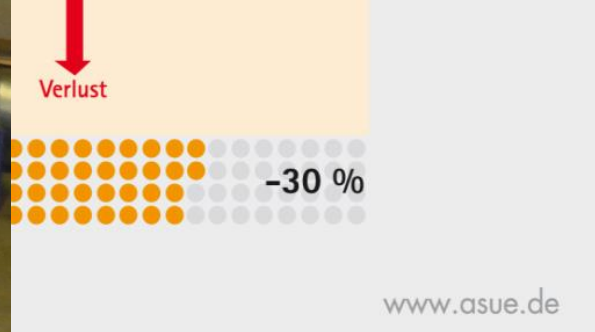
Wärmemenge	20.000 kWh/a	
Milchkühlung 800 l	11.242 kWh/a	
Strompreis WP	25 Ct/kWh	12 Ct/kWh
Kalkulationszeitraum	20 Jahre	
Kalkulationszinssatz	3,00%	

Fazit:

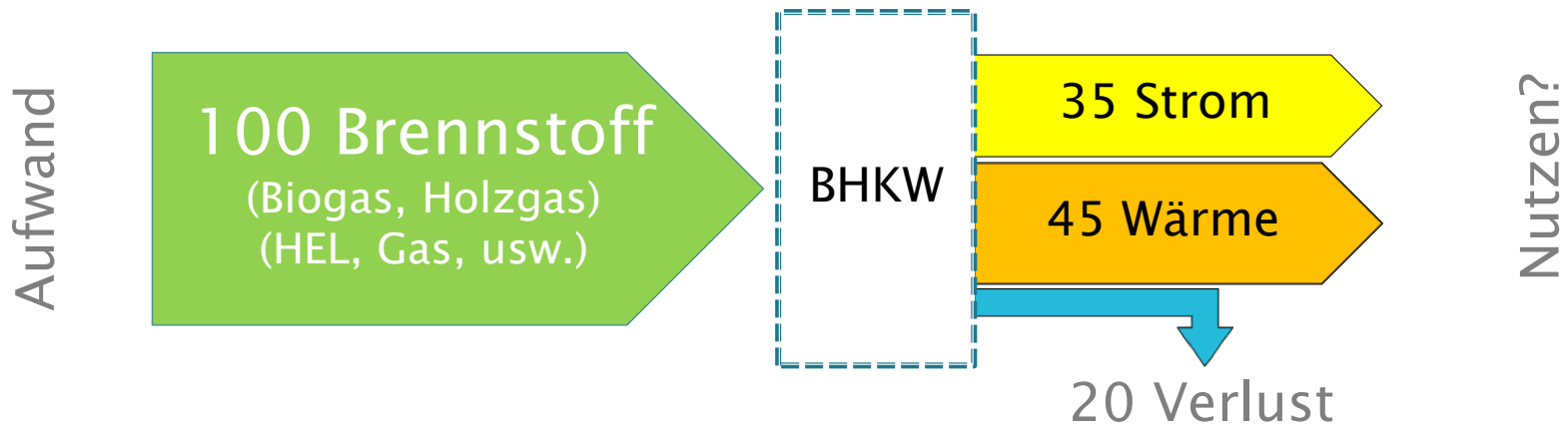
Bei guter Einbindung der Wärmepumpe in den Betrieb kann trotz Umlegung aller Kosten zur Michkühlung auf die Heiztechnik ein Wärmepreis von etwa 8 Ct/kWh erreicht werden. Bei günstigem Strom aus auslaufenden PV-Anlagen und/oder eines geringeren Temperaturhubes können diese Kosten noch weiter gesenkt werden.

	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	
Kosten gesamt	4.127 €/a	1.370 €/a

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 (Güllennutzungsmöglichkeiten)

- 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

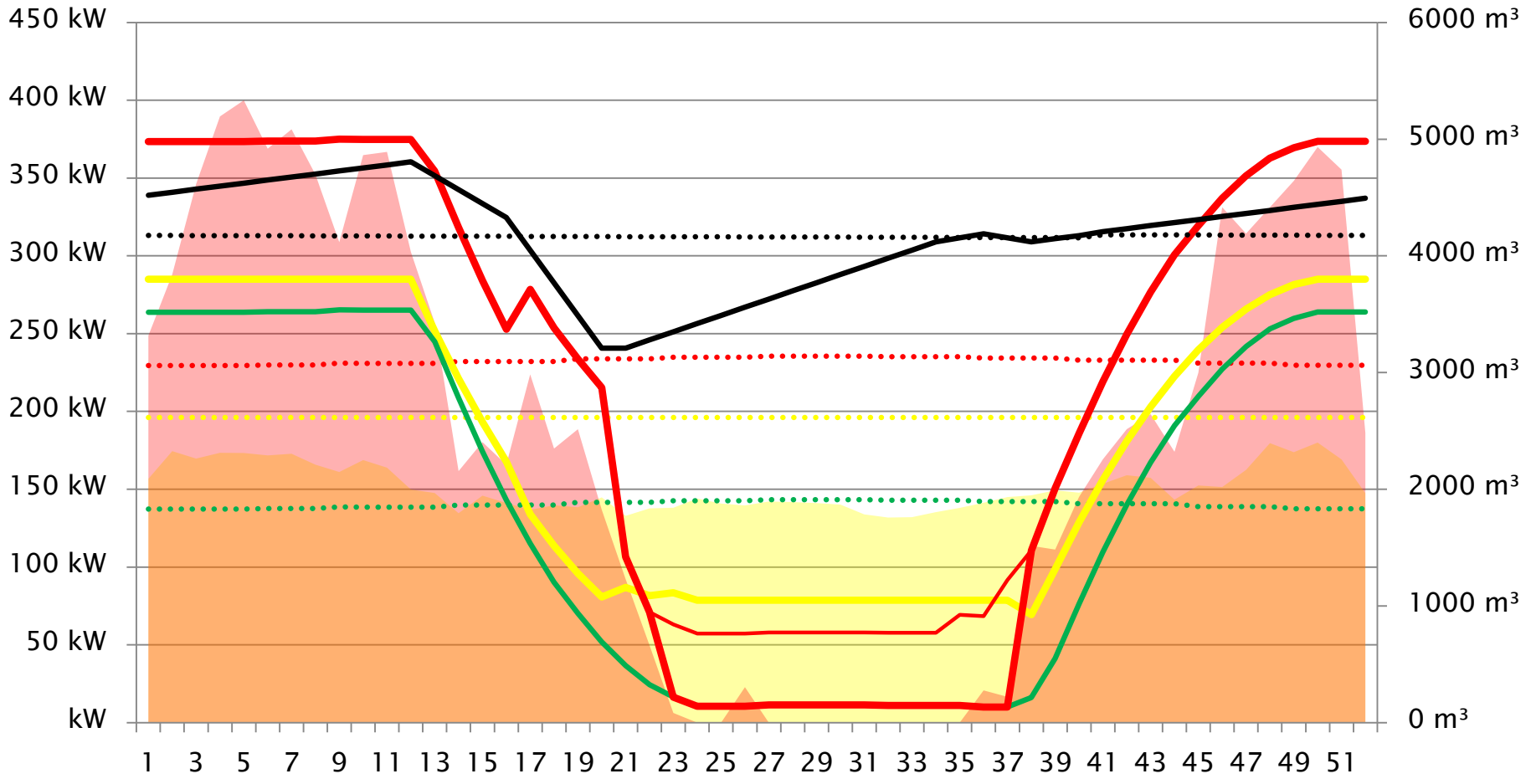
Pressschnecke

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



Kalenderwochen

- AÜW 2010
- JDL Schule
- el. Leistung normal
- el. Leistung mit WP
- th. Leistung
- 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%
Energievergl. o. Wärmerückg.								
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%
Energievergl. m. Wärmerückg.								
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%

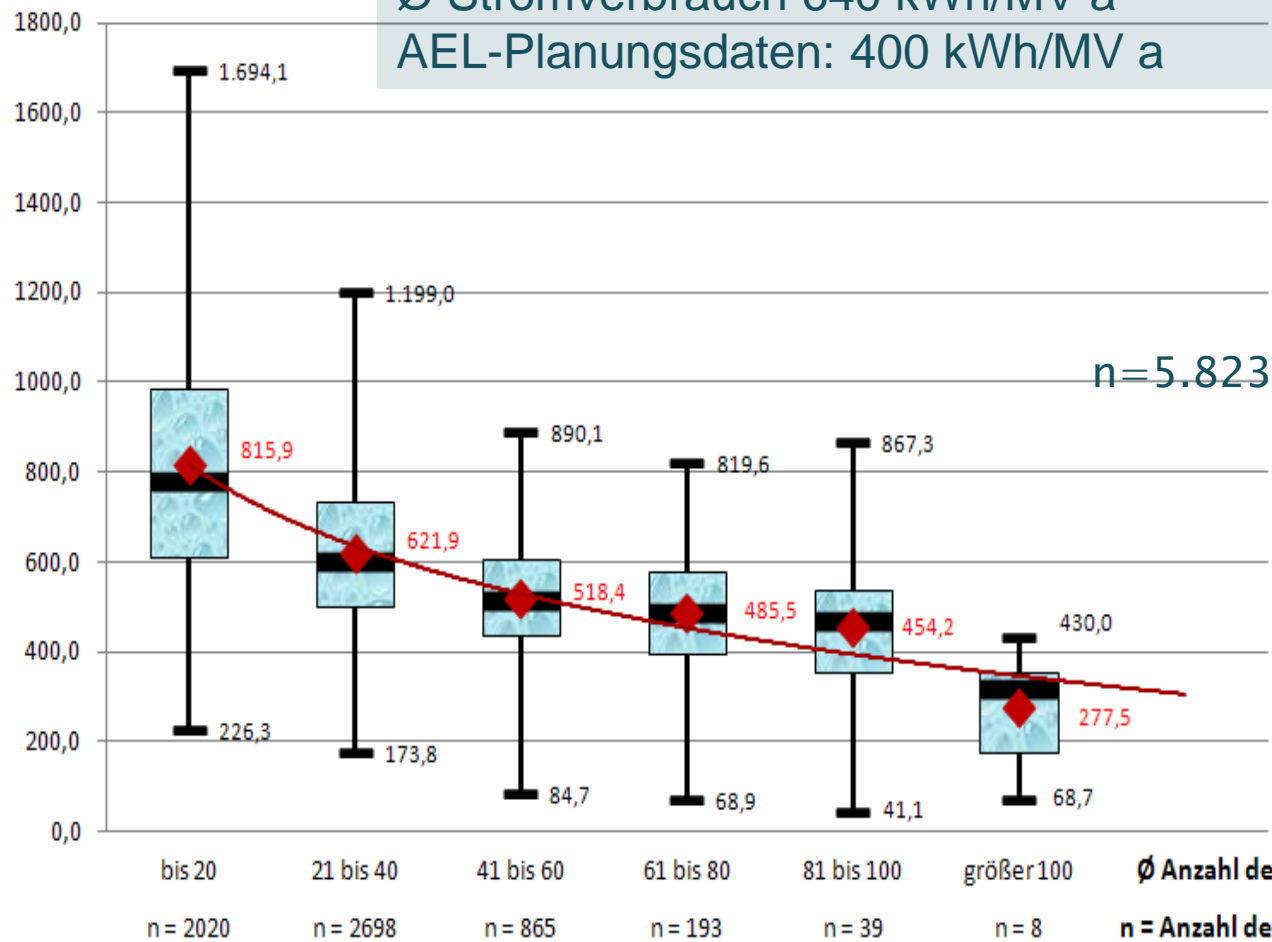
- Beste Wirkungsgrade mit Mikrogasleitung erreichbar
- Wärmeversorgung der Biogasanlage muss gut konzipiert sein, (Behälterdämmung beachten)
- Separation im Winter interessant um Wärmeauskopplung der Biogasanlage zu steigern

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



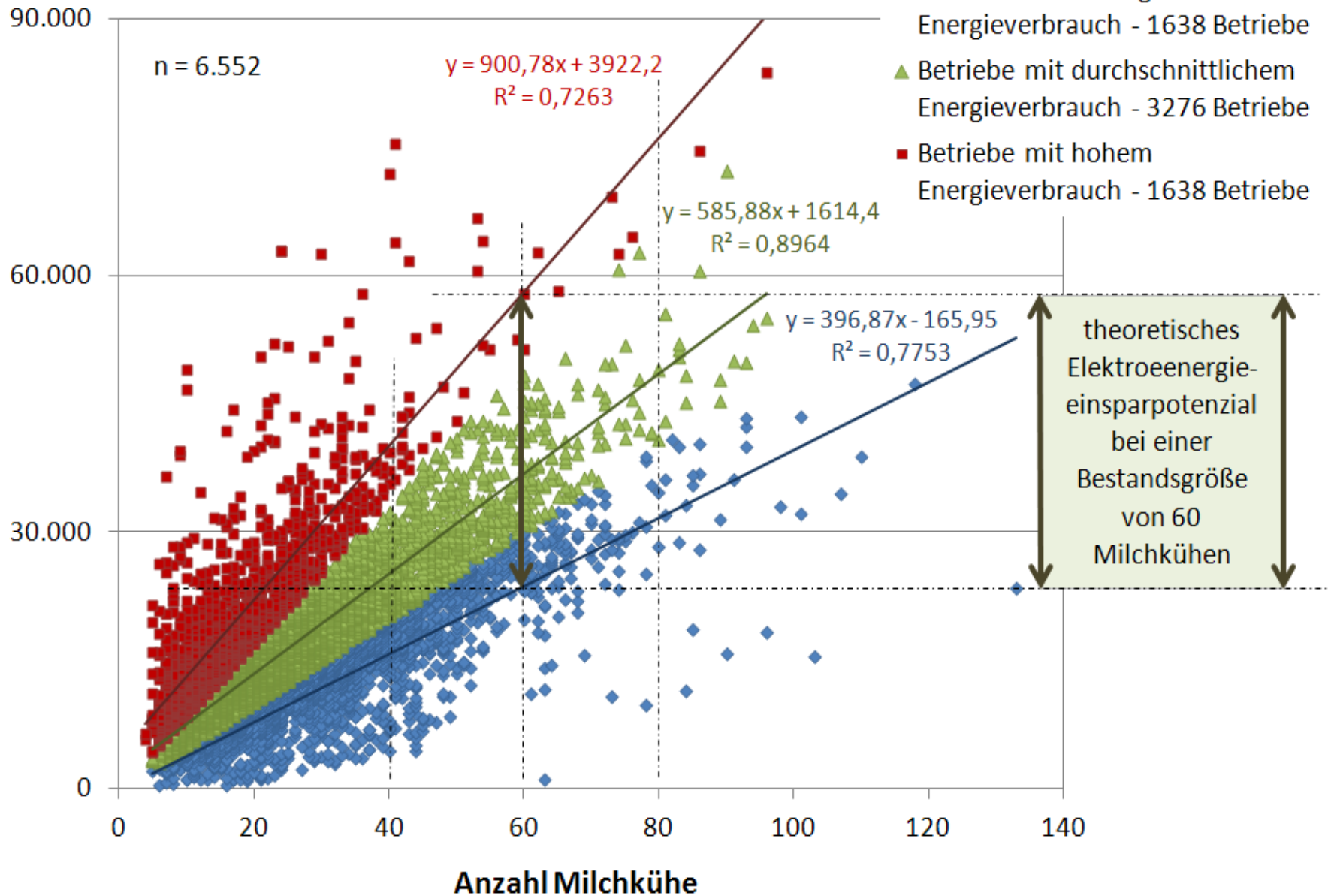
- I Spannbreite des Ø Elektroenergieverbrauchs je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse (um Extremwerte bereinigt - 95 % aller Betriebe)
- Interquartilsabstand vom Ø Elektroenergieverbrauch je Milchkuh innerhalb der Betriebsgrößenklasse (50 % aller Betriebe)
- Median des Ø Elektroenergieverbrauchs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

3. Tierbestände

3.1 Rinder

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

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