



# LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Energieverbrauch im Milchviehbetrieb- Effizienz und Einsparpotential



# LfL-Information

## **Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan

Internet: [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing  
E-Mail: [TierundTechnik@LfL.bayern.de](mailto:TierundTechnik@LfL.bayern.de)

Telefon: 089 99141-300

1. Auflage: März 2014

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 10,00 Euro

© LfL



# **Energieverbrauch im Milchvieh- betrieb - Effizienz und Einspar- potential**

Dr. Stefan Naser

Josef Neiber

Josef Niedermeier

Manfred Götz

Ludwig Kraus

Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger

**Institut für Landtechnik und Tierhaltung**

Grub, 26. März 2014



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Energiebedarf und Einsparmöglichkeit in der Rinderhaltung.....</b>	<b>7</b>
---	----------

Dr. Stefan Nesper, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising

<b>Möglichkeiten und Grenzen der Eigenstromnutzung (PV) in der Milchviehhaltung.....</b>	<b>23</b>
--	-----------

Josef Neiber, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising

<b>Energie im Milchviehstall bewusst einsetzen - wichtiger denn je.....</b>	<b>36</b>
---	-----------

Josef Niedermeier, Expertenteam "LandSchafttEnergie", AELF Regen

<b>Der deutsche Strommarkt nach der Energiewende.....</b>	<b>51</b>
---	-----------

Manfred Götz, LandEnergie, Maschinenringe Deutschland

<b>Batteriespeicherung für die Anwendung auf land- und forstwirtschaftlichen Betrieben.....</b>	<b>67</b>
---	-----------

Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger, Technologiezentrum Energie, Hochschule Landshut



# Energiebedarf und Einsparmöglichkeit in der Rinderhaltung

Dr. Stefan Nesor

LfL, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising



Bayerische Landesanstalt für  
Landwirtschaft



## Energiebedarf und Einsparmöglichkeit in der Rinderhaltung

Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Dr. Stefan Nesor  
Josef Neiber  
Katja Bonkoss  
Grub, 26.3.2013

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Gliederung

- Einleitung
- Kenngrößen des Elektroenergieverbrauchs in der Milchviehhaltung
- Ansätze zur Einsparung und Effizienzsteigerung
- Energieberatung in Bayern
- Fazit



LandSchafttEnergie

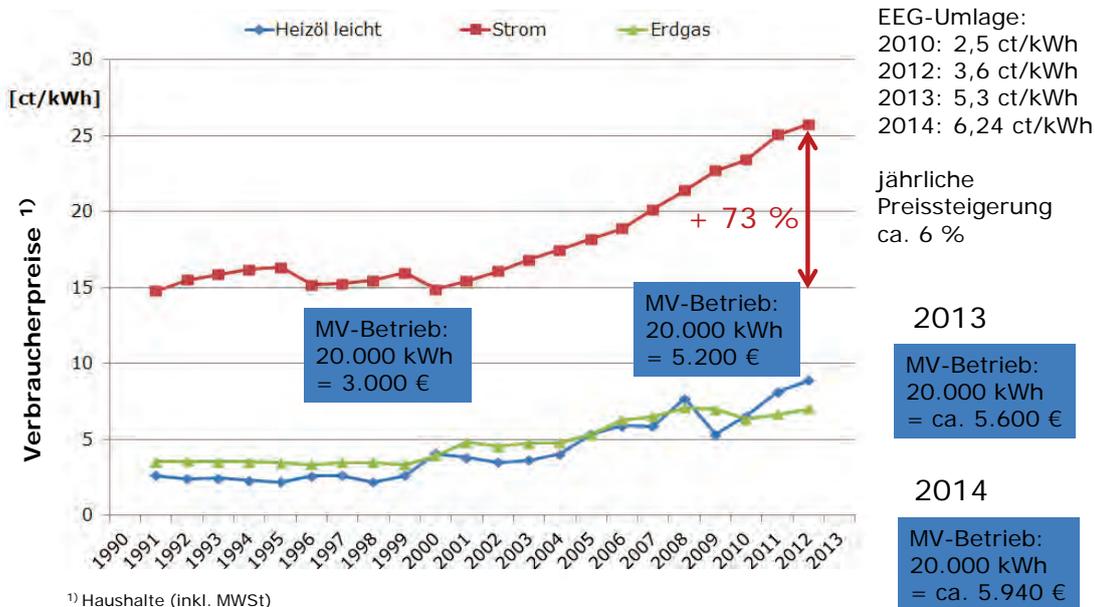


Nesper - ILT2b 03-2014 004

2

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Auswirkungen der Energiepreisentwicklung



Nesper - ILT2b 03-2014 004

3

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Energiekosten im Milchviehbetrieb



Kennwerte des Produktionsverfahrens			
Rasse:	Fleckvieh		
Abgangsquote:	30.0 %	Kälberverlustquote:	7.6 %
Zwischenkalbezeit:	394.0 Tage	Kälber je Kuh und Jahr:	0.86

Milchmenge und Preisansätze			
verkaufte Milch	kg/Kuh u. Jahr		7228
Milchpreis (inkl. 10.7 % MwSt.)	ct/kg		39.56
Milcherlös (inkl. 10.7 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		2859.4
Kälbererlös (inkl. 10.7 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		348.1
Altkuherlös (inkl. 10.7 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		341.6

Variable Kosten			
Bestandsergänzung (inkl. 10.7 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		584.8
Kälberaufzucht (inkl. 7.0 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		75
Kraft- und Saffutter, Mineralfutter (inkl. MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		726
Tierarzt, Medikamente, Hygiene (inkl. 19.0 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		90.0
Besamung (inkl. 19.0 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		35.0
Einstreu (inkl. 10.7 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		27.3
Wasser; Energie (inkl. MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		70.0
Variable Maschinenkosten Stall (inkl. 19.0 % MwSt.)	€/Kuh u. Jahr		70.0



Quelle: LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Milchkuhhaltung  
<https://www.stmeif.bybn.de/idb/milchkuhhaltung.html>, Abruf: 10.03.2014

Nesor - ILT2b 03-2014 004

4

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Datengrundlagen für die Beratung



Die Kenntnis über den betrieblichen Energiebedarf ist die Basis

- für einen Vergleich mit anderen Betrieben (z.B. Arbeitskreis)
- für einen Vergleich mit allgemeinen Kennzahlen
- für Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Effizienzsteigerung

**Problem:** Spezifische Energieverbrauchsdaten der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren und Anlagen liegen nicht umfassend vor

LfL-Projekt „Energieeffizienz in der Landwirtschaft“ -  
**Ermittlung von Vergleichskennzahlen**



Nesor - ILT2b 03-2014 004

5

Institut für Landtechnik und Tierhaltung



## Vergleichskennzahlen

Ermittlung **konkreter Energiebedarfswerte** der einzelnen Produktionsverfahren und -anlagen

### Arbeitsschritte:

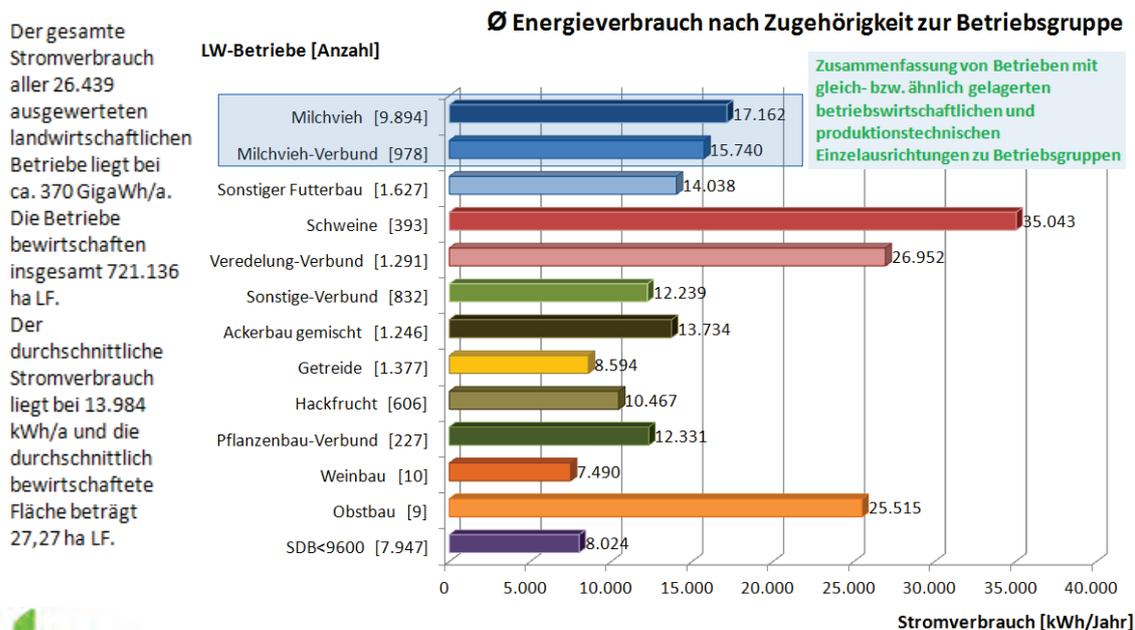
- I. Auswertung von betriebsbezogenen Stromverbrauchsdatensätzen (EVU) zur Festlegung von Durchschnittswerten zum Energieverbrauch

Datengrundlage sind Stromverbrauchswerte des Gesamtbetriebes z. T. inklusive

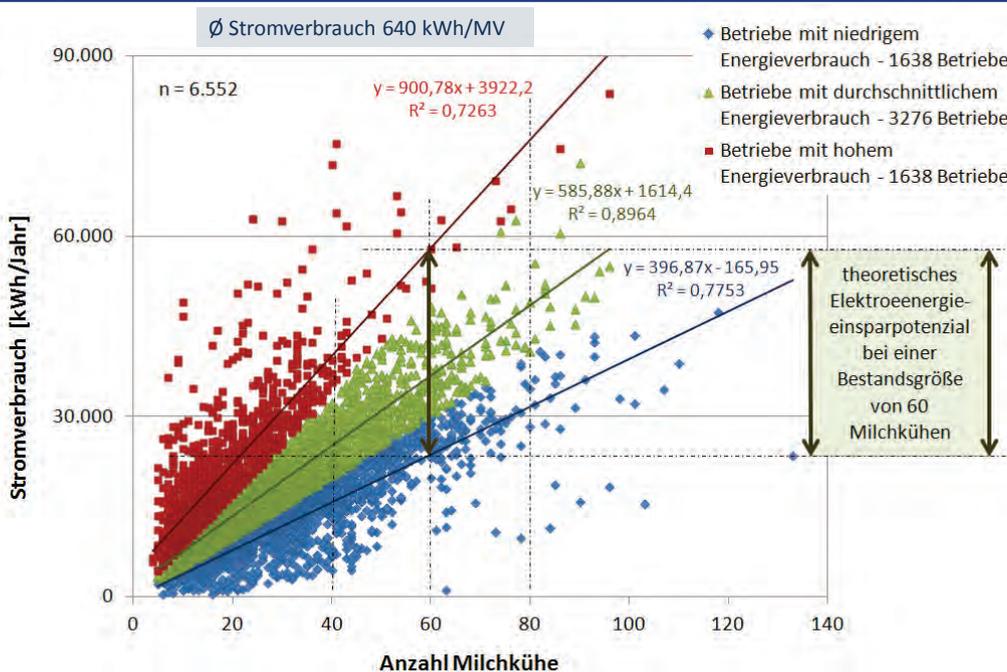
- Privatverbrauch für Wohngebäude
- Verbrauch für sonstige Betriebszweige und Gewerbe
- Heizstromverbrauch
- ...



### Ergebnisse der Auswertung betriebsbezogener Stromverbrauchsdatensätze bayerischer landwirtschaftlicher Betriebe aus dem Jahr 2008



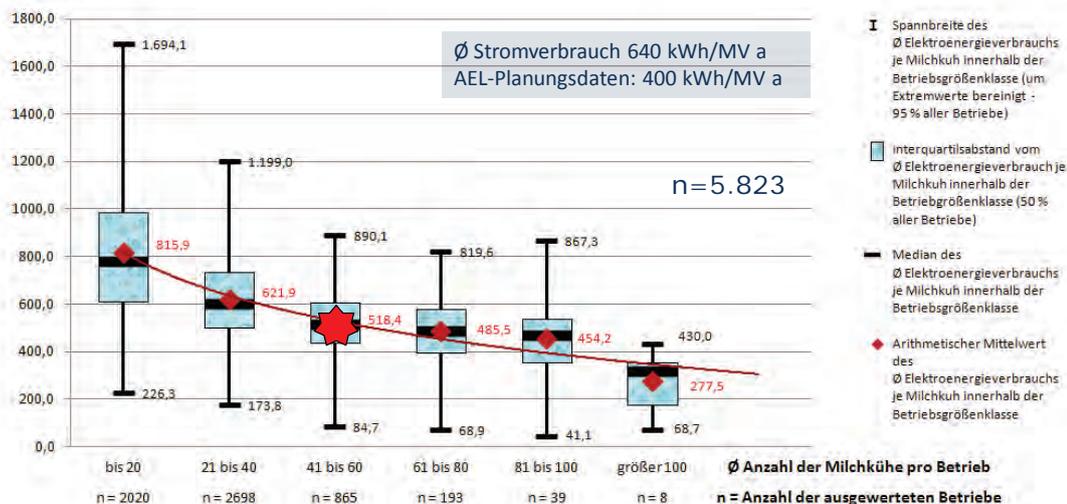
### Theoretisches Elektroenergieeinsparpotenzial in Milchviehbetrieben



### Stromverbrauch Milchvieh - Gesamtbetrieb

#### Durchschnittlicher Elektroenergieverbrauch je Milchkuh in Abhängigkeit von Betriebsgrößenklassen

Ø Stromverbrauch je Milchkuh [kWh/Jahr]



★ Betrieb 1



## Projekt: Energieeffizienz in der Landwirtschaft

### II. Messung von Elektro- und Heizenergiewerten auf Praxisbetrieben im Bereich Ferkelproduktion, Schweinemast und Milchproduktion auf Ebene der Einzelverbraucher

- 11 Zuchtsauenbetriebe
- 6 Schweinemastbetriebe
- **8 Milchviehbetriebe (Versuchsstation Grub, LVFZ Almesbach und weitere sechs Praxisbetriebe)**

#### Auswahlkriterien:

- **Betriebsgröße** und die **Betriebsausrichtung** (der Spezialisierungsgrad)
- der **Standort**, das **Haltungsverfahren** und die **Aufstallung**
- die **technischen Betriebseinrichtungen**

Exakte und zeitlich fixierte Erfassung des tatsächlichen elektrischen und thermischen Energieverbrauchs des Produktionsverfahrens und der einzelnen Verbrauchsbereiche



## Energieverbrauchsmessung auf Praxisbetrieben

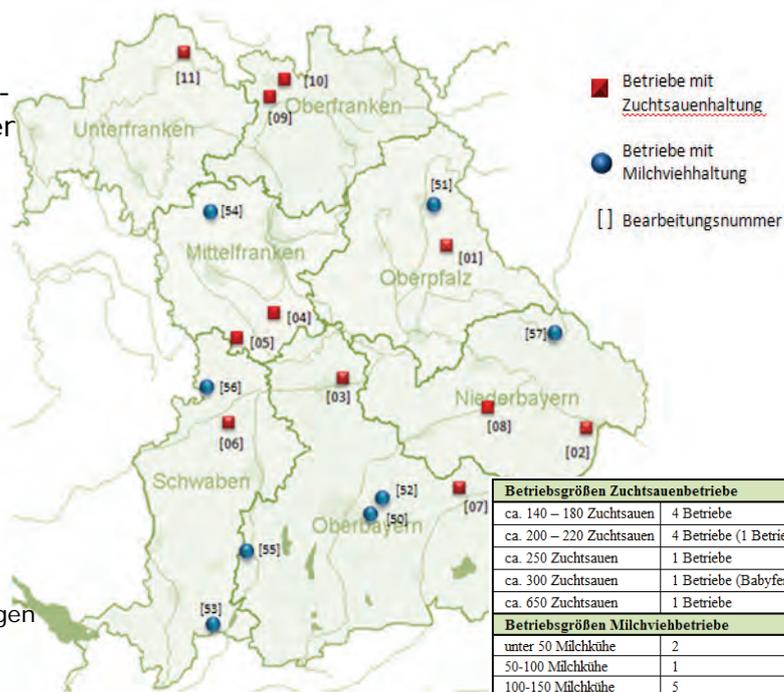


Ermittlung von Vergleichskennzahlen einzelner Verbrauchsbereiche

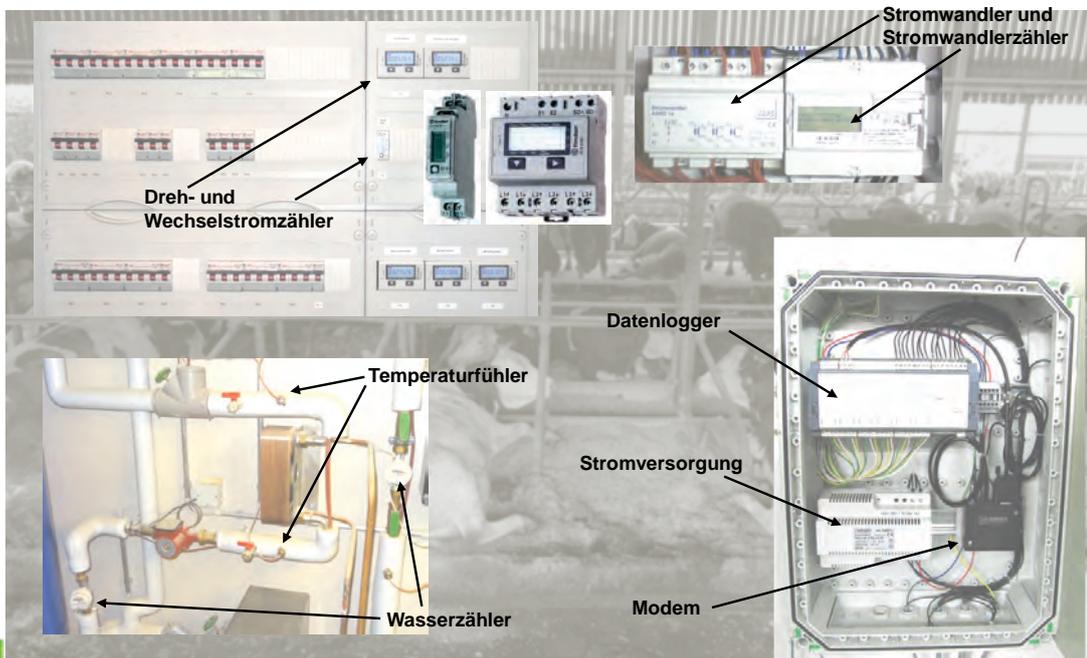
11 Betriebe mit Zuchtsauenhaltung

8 Betriebe mit Milchviehhaltung

6 Betriebe mit Schweinemastanlagen



## Messtechnik, Datenspeicher und Datenübertragung



## Energieverbrauchsbereiche in der Milchproduktion

### Milchentzug und Lagerung:

- Melkanlagen - Melkstand, Melkkarusell, Automatisches Melksystem (AMS)
- Vakuumversorgung (Vakuumpumpe)
- Reinigung der Melkanlage und des Milchtanks
- Milchkühlung (Kühlaggregate)



### Milchvieh- und Jungviehstall:

- Beleuchtung
- Fütterung und Tränken (Frostsicherung)
- Entmistung
- Kuhkomfort (Unterstützungslüftung, Kuhbürsten, ...)
- Windschutznetze

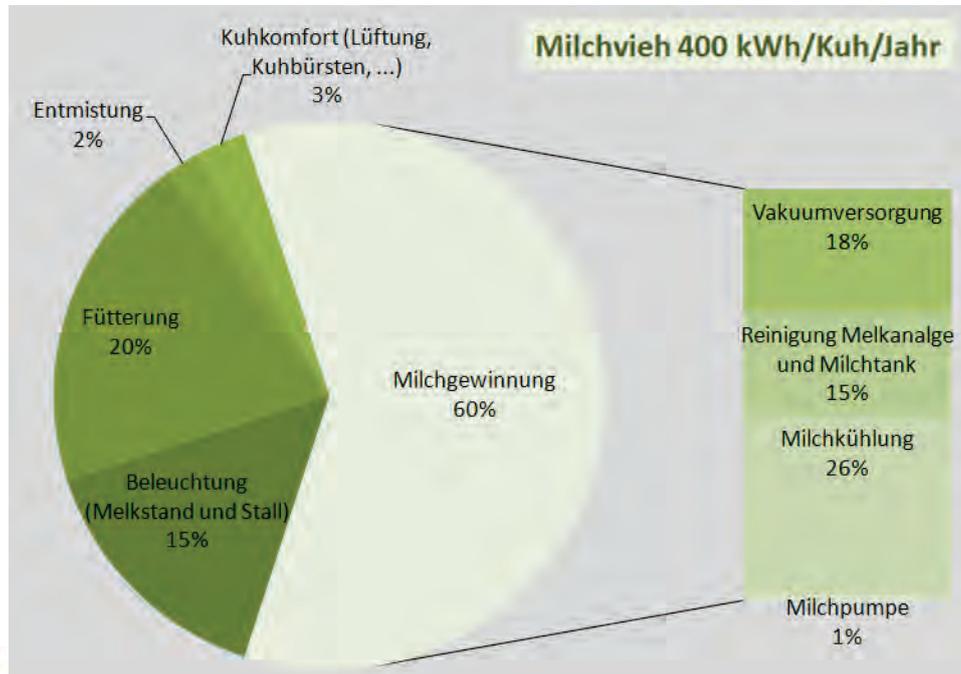


### Kälberaufzucht:

- Tränkeautomat
- Kraffutterstation



## Zusammensetzung des Stromverbrauchs in der Milchviehhaltung



## Ansätze zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung im Milchviehbetrieb

## Ansätze zur Effizienzsteigerung I



### Melken

#### Energieeinsparung durch:

- **Zügiges Melken** (z. B. Nachtreibhilfe)
- **Angepasste Auslegung der Vakuumpumpen**  
z.B. zwei Vakuumpumpen (eine nur bei der Reinigung im Einsatz)  
z.B. drehzahlgesteuerte Vakuumpumpen

Durch die Frequenzregelung wird die Drehzahl der Vakuumpumpe dem Leistungsbedarf ständig angepasst. Der Einbau einer Vakuumpumpe mit Frequenzumrichter kann den Stromverbrauch beim Melken und beim Reinigungsprozess um über 50% senken.



### Melken



- **Angepasste Auslegung der Vakuumpumpen**  
Einsatz von drehzahlgesteuerten Vakuumpumpen - **Einsparpotential 40%**

		Konventionelle Vakuumpumpe 2000 l/min, 5,5 kW		Drehzahlgesteuerte Vakuumpumpe 2000 l/min, 5,5 kW	
Preis	[€]	4.000		6.500	
Melkdauer/Tag	[h]	3	6	3	6
Feste Kosten, Wartung, Reparatur <sup>1)</sup>	[€]	640	800	1.040	1.300
Strombedarf/Jahr	[kWh]	6.000	12.000	3.600	7.200
Stromkosten/Jahr	[€]	1.200	2.400	720	1.440
Gesamtkosten/Jahr	[€]	1.840	3.200	1.760	2.740

<sup>1)</sup>10% AfA, 4% Zins, 2% Wartung bzw. 12% AfA, 4% Zins, 4% Wartung



## Praxisbeispiel: Umrüstung der Vakuumpumpe



Praxisbetrieb in Neumarkt

70 MK - 4er FG-Melkstand - Vakuumpumpe 5,5 KW

Tägliche Melkzeit: 6h

Kosten Vakuumpumpe neu:	7.000 - 7.500 [€]
Kosten Umrüstung mit Frequenzsteuerung:	3.500 [€]
Stromeinsparung ca.	4.000 [kWh/Jahr]
Stromkosteneinsparung (20ct/kWh):	800 [€]
Amortisationszeit Umrüstung:	4 - 5 [Jahre]
Bei einem Komplettaustausch: Amortisationszeit:	8 - 9 [Jahre]

## Milchkühlung



- **Vorkühler einsetzen** (gleichmäßiger Milchfluss und Absenkung der Milchttemperatur vor Eintritt in den Milchtank) - **Einsparpotential 25%**
- **Direktkühlung** (aber höherer Anschlusswert als Eiswasserkühlung)
- Bedarfsgerechte **Auslegung des Kälteaggregats** auf die Milchtankgröße
- **Milchtankgröße** an den Bedarf angepasst
- **Aufstellort des Kühlaggregats**  
kühler Platz mit Luftzirkulation
- **bauliche Trennung** von Milchlagererraum u. Kompressorstandort
- **Milchtank** in Raum mit niedrigen Temperaturen
- **Regelmäßige Wartung**  
(Kältemittelstand, Sauberkeit des Aggregats)



## Beispiel: Kühlverfahren



Quelle: Verband der Landwirtschaftskammern e.V.; 2009

Direktkühlung	1.000.000 kg Milch a 20 Wh/kg	20.000 kWh HT*	4.000 €
Eiswasserkühlung	500.000 kg Milch a 24 Wh/kg	12.000 kWh HT*	2.400 €
	500.000 kg Milch a 24 Wh/kg	12.000 kWh NT*	1.560 €
	+ Vorteile für Betriebe mit Leistungstarif		3.960 €
Vorkühlung mit Direktkühlung	Wasser für Vorkühlung 2.000 m <sup>3</sup>		100 €
	Entzug der Restwärme aus der vorgekühlten Milch mit 10 Wh/kg	10.000 kWh HT*	2.000 €
	+ warmes Tränkwasser		2.100 €

Strompreise: HT: 0,2 €/kWh; NT: 0,13 €/kWh

## Ansätze zur Effizienzsteigerung III



### Reinigung

#### Energieeinsparung durch:

- **abgestimmte Melkstandgröße** und **Milchleitungsdurchmesser**
- Warmwassermenge und -temperatur nach Bedarf
- Warmwassererzeugung ohne Strom (Heizöl, Erdgas, ...)
- **regelmäßige Wartung**
- Einsatz von **Wärmerückgewinnungssystemen** (Aufheizung des Reinigungswassers auf 50°C)

#### Wärmerückgewinnung

Mit Wärmerückgewinnungssystemen wird die Abwärme die beim Abkühlen der Milch entsteht, für die Erwärmung des Brauchwassers genutzt.

## Warmwasserbereitung zur Tank- und Melkanlagenreinigung

	Heizöl/Gas	Strom**	Erdgas	Wärmerückgewinnung
Investitionskosten	1.000 € Speicher, Anschluß an Hausheizung	1.200 € Standspeicher 300 l	1.800 € Standspeicher 300 l	3.500 € externer Tauscher Speicherbehälter 400 l
Afa, Zins., Rep. (18 %)	180 €/Jahr	210 €/Jahr	320 €/Jahr	630 €/Jahr
Energiepreise	9 Cent/kWh	20,9 Cent/kWh	6,0 Cent/kWh	-
Energiekosten	810 €/Jahr	1.880 €/Jahr	540 €/Jahr	-
Gesamtkosten	990 €/Jahr	2.090 €/Jahr	860 €/Jahr	630 €/Jahr

\* 2 x 200 l/Tag (150.000 l/Jahr von 8°C auf ca. 60°C = 9.000 kWh)\*\* Strom RWE: 50 % HT (22,9 Cent/kWh); 50 % NT (18,9 Cent/kWh) 22.00 bis 6.30 Uhr; Heizöl: 0,75 €/l, Flüssiggas: 0,50 €/l

(Quelle: Fübekker, 10/2013)

## Ansätze zur Effizienzsteigerung IV



### Beleuchtung

#### Einflussgrößen

**Lichtstrom** [Lumen, lm]: Die gesamte Lichtleistung, die von einer Lampe in alle Richtungen abgegeben wird

**Lichtstärke** [Candela, cd] = [lm/Steradian, sr]: Der Lichtstrom, der in eine bestimmte Richtung (Raumwinkel) abgegeben wird

**Beleuchtungsstärke** [Lux, lx] = [lm/m<sup>2</sup>]: Der Lichtstrom, der in einer bestimmten Richtung auf eine Fläche trifft

**Leuchtdichte** [cd/m<sup>2</sup>] = [lm/sr m<sup>2</sup>]: Helligkeitseindruck einer erleuchteten oder selbstleuchtenden Fläche, angegeben als Lichtstärke pro Fläche

**Lichtausbeute** [lm/W]: Verhältnis des Lichtstroms einer Lampe pro aufgewendete elektrische Leistung, teilweise unter Berücksichtigung des Vorschaltgeräts



[http://www.zweibrueder.com/technologie/candela.php?id=led\\_candela](http://www.zweibrueder.com/technologie/candela.php?id=led_candela)

## Stallbeleuchtung



		Leuchtstoff- lampen	Metalldampf- lampen	LED- Strahler
120 Kuhplätze, ca. 1.360 m <sup>2</sup> Stallfläche, 120 lux, 1.825 Betriebsstd., 5 h/d				
El. Anschlusswert	[W]	58	250	100
Lichtausbeute	[lm/W]	85	140	100
<b>Anzahl</b>	<b>n</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
<b>Gesamtleistung</b>	<b>[W]</b>	<b>4.176</b>	<b>3.000</b>	<b>1.400</b>
Gesamtleistung/Fläche	[W/m <sup>2</sup> ]	3,1	2,2	1
Anschaffungskosten/ Lampe	[€]	40	340	700
<b>Anschaffungskosten ges.</b>	<b>[€]</b>	<b>2.880</b>	<b>4.080</b>	<b>9.800</b>

## Stallbeleuchtung



		Leuchtstoff- lampen	Metalldampf- lampen	LED- Strahler
<b>Durchschnittliche Lebensdauer</b>	<b>[h]</b>	<b>20.000</b>	<b>30.000</b>	<b>60.000</b>
Austausch nach	[a]	11	16	33
Kosten	[€/a]	342	360	568
<b>Energieverbrauch</b>	<b>[kWh/a]</b>	<b>7.621</b>	<b>5.475</b>	<b>2.555</b>
Strompreis	[€/kWh]	0,22	0,22	0,22
Energiekosten	[€/a]	1.677	1.205	562
<b>Gesamtkosten</b>	<b>[€/a]</b>	<b>2.019</b>	<b>1.565</b>	<b>1.130</b>

## Diskussion: Beleuchtungsdauer und Beleuchtungsstärke



### Beleuchtungsprogramme

Langtag 14h bei 180 Lux in der Laktation

- These: Lange Tageslichtphasen haben einen positiven Einfluss auf den **Milchertrag**, die Fruchtbarkeit und Tiergesundheit.
- Die Wirtschaftlichkeit ist jedoch von einer **Milchleistungssteigerung** abhängig. (-> höherer Stromverbrauch!)

120 Kuhplätze; ca. 1360 m <sup>2</sup>		80 Lux; 2,5 h			180 Lux; 5 h	
Leuchtmittel		Leuchtstoff-lampen	Metalldampf-lampen	LED-Strahler	Metalldampf-lampen	LED-Strahler
el. Anschlusswert	[W]	58	250	100	250	100
Beleuchtungsstärke	[lux]	80	80	80	180	180
Anzahl Lampen	[St.]	72	12	14	16	20
Gesamtleistung	[W]	4.176	3.000	1.400	4.000	2.000
Betriebsstunden/Jahr	[Std.]	900	900	900	1.800	1.800
Stromverbrauch/Jahr	[kWh]	3.758	2.700	1.260	7.200	3.600
Stromkosten/Jahr	[€]	752	540	252	1.440	720

## Ansätze zur Effizienzsteigerung V Frostschutz



Bei Kaltställen ist insbesondere auf die Frostsicherung der Wasserleitungen zu achten. Der Energiebedarf für Rohrbegleitheizungen ist stark abhängig von der Länge der Leitungen und kann durchaus viel Energie beanspruchen

- Zirkulationssysteme
- Tränkebeckenbeheizung
- Rohrbegleitheizungen

### Bsp. Frostschutz im Kaltstall - Rohrbegleitheizung

Anlage	El. Anschlusswert	Länge der Wasserleitungen	Laufzeit	Jahresstromverbrauch
Selbstüberwachende Frostschutz-Rohrbegleitheizung*	10 Watt / Meter	80 Meter	2880 h/Jahr	2.300 kWh

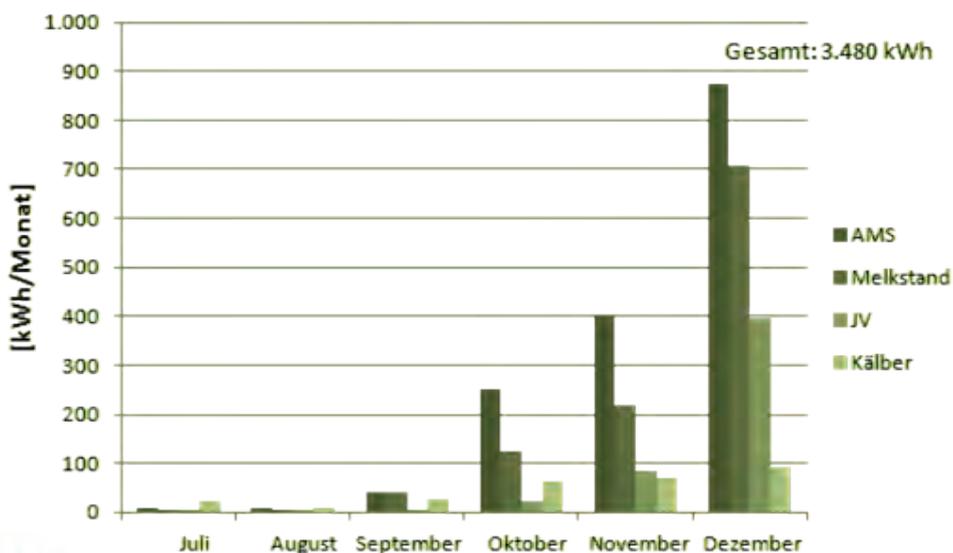
\* selbstregulierende Rohrbegleitheizung bei Temperaturen unter 5°C

## Beispiel: Rohrbegleitheizungen



### Frostschutz

### Begleitheizung



## Energieberatung in Bayern

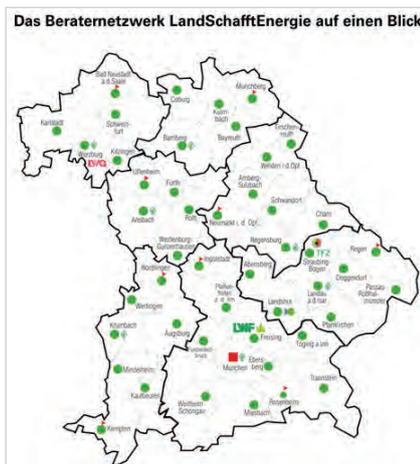


Mit dem Beraternetzwerk **LandSchafttEnergie** liefert das Landwirtschaftsministerium Informationen und Beratung rund um die Energiewende in Bayern.

Projektmitarbeiter: ÄELF (18), ALE (7), TFZ + CARMEN (24), LWG + LfL (4)

### Zu folgenden Bereichen werden Information und Beratung angeboten:

- Energiewende in ländlichen Gemeinden
- **Energieeinsparung und Energieeffizienz in der Land- und Forstwirtschaft**
- Nachhaltiger Energiepflanzenbau
- Wärme und Strom aus Festbrennstoffen
- Mobilität und Antriebskonzepte auf Basis biogener Kraftstoffe
- Strom, Wärme und Kraftstoffe aus Biogas
- Übergreifende Systemlösungen
- Windenergie, Photovoltaik und Solarthermie im ländlichen Raum



## Fazit

### Die Kenntnis über den betrieblichen Energiebedarf ist die Basis

- für einen Vergleich mit anderen Betrieben (z.B. Arbeitskreis)
- für einen Vergleich mit allgemeinen Kennzahlen
- für Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Effizienzsteigerung

Diese Maßnahmen liegen im **organisatorischen, technischen und baulichen** Bereich.

Einsparmaßnahmen sind immer in Verbindung mit der (tierischen) Leistung einzuschätzen.

In der Milchviehhaltung liegt der Hauptansatz für Energieeinsparungsmöglichkeiten im Bereich **Milchentzug und Milchkühlung** (z.B. Einsatz von frequenzgesteuerten Vakuumpumpen, Vorkühlung und Wärmerückgewinnung, ...).

**Kostensenkung und Ressourcenschonung** können in vielen Fällen kombiniert werden.

**Energiemanagement und Eigenbedarfsdeckung** wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen.



### Info-Blätter



<http://www.lfl.bayern.de/publikationen>

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



# Möglichkeiten und Grenzen der Eigenstromnutzung (PV) in der Milchviehhaltung

Josef Neiber

LfL, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising



Bayerische Landesanstalt für  
Landwirtschaft



Projekt: Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft in Bayern

## Möglichkeiten und Grenzen der Eigenstromnutzung (PV) in der Milchviehhaltung

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung

Arbeitsgruppe: Emissionen und Immissionsschutz



Josef Neiber  
Grub, 26.03.2014

## Gliederung



- **Einleitung**  
Potential, Erzeugung, Rahmenbedingungen
- **Einflussgrößen**  
Solarertrag  
betrieblicher Verbrauch
- **Lastprofile landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und Eigenstromnutzung (PV)**
- **Optimierung der Eigenstromnutzung**

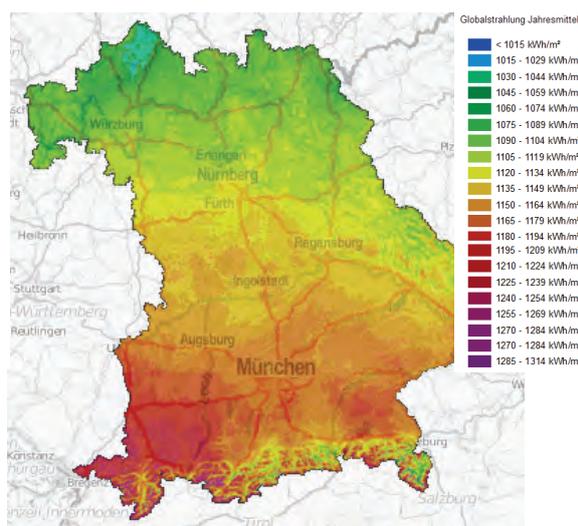
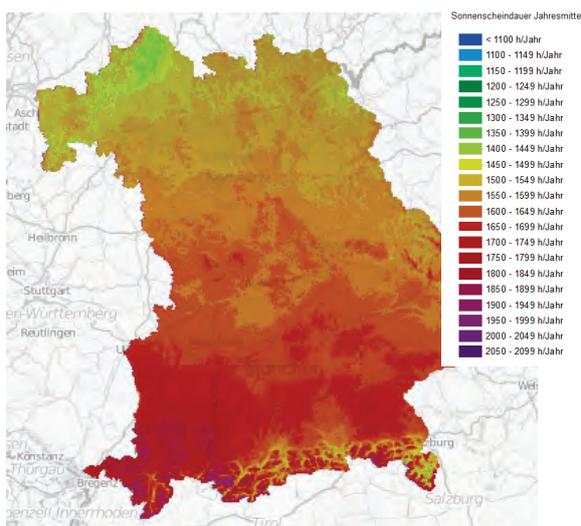


## Potenzial der PV-Nutzung in Bayern



sehr günstige Voraussetzungen zur Nutzung der Solarenergie:

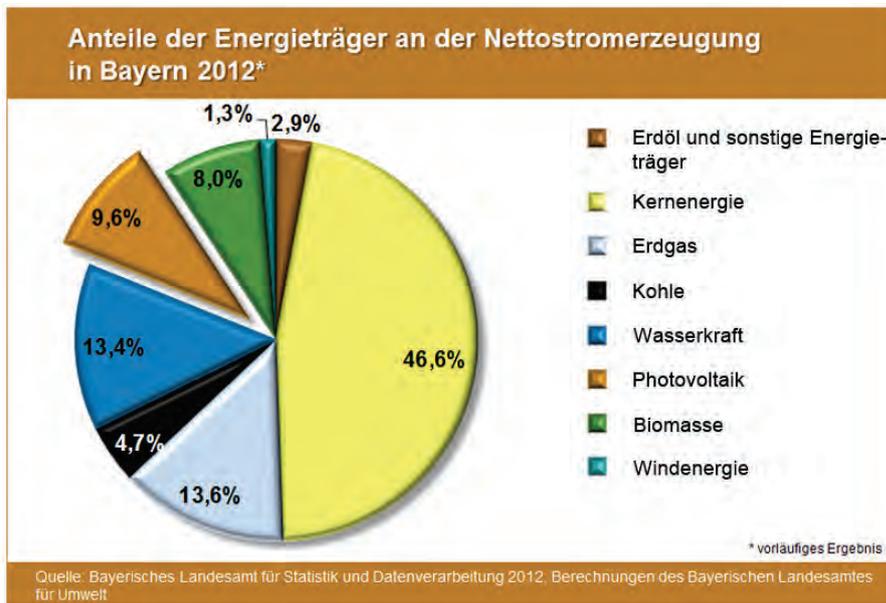
- **Sonnenscheindauer** von 1.400 bis 1.700 Stunden pro Jahr
- **Globalstrahlungssumme** im Mittel zwischen 1.060 und 1.180 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr



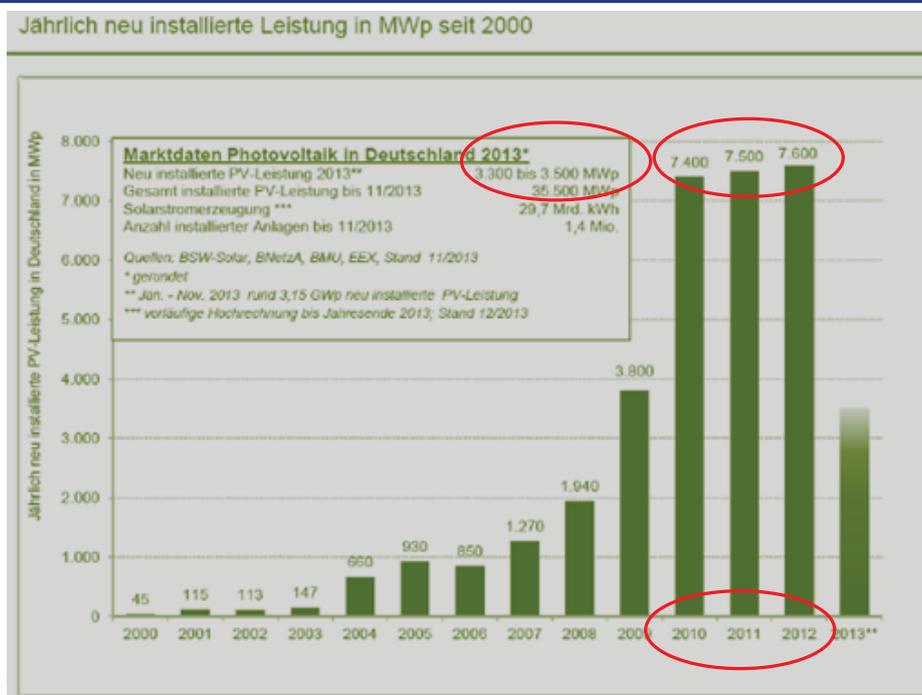
## PV-Erzeugung



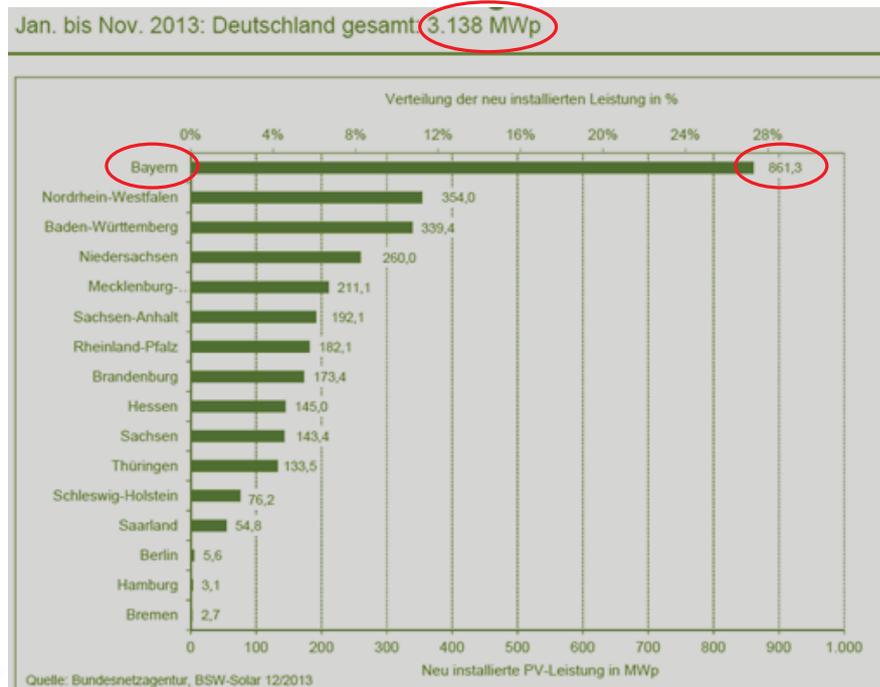
Photovoltaik hatte 2011 deutschlandweit einen Anteil an der Bruttostromerzeugung von 3,2% (2012: 4,7%), in Bayern lag er mit 8,0% (2012: 9,6%) deutlich höher.



## Entwicklung der PV-Installationen



## Neu installierte PV-Leistung



## Gründe für Eigenstromnutzung



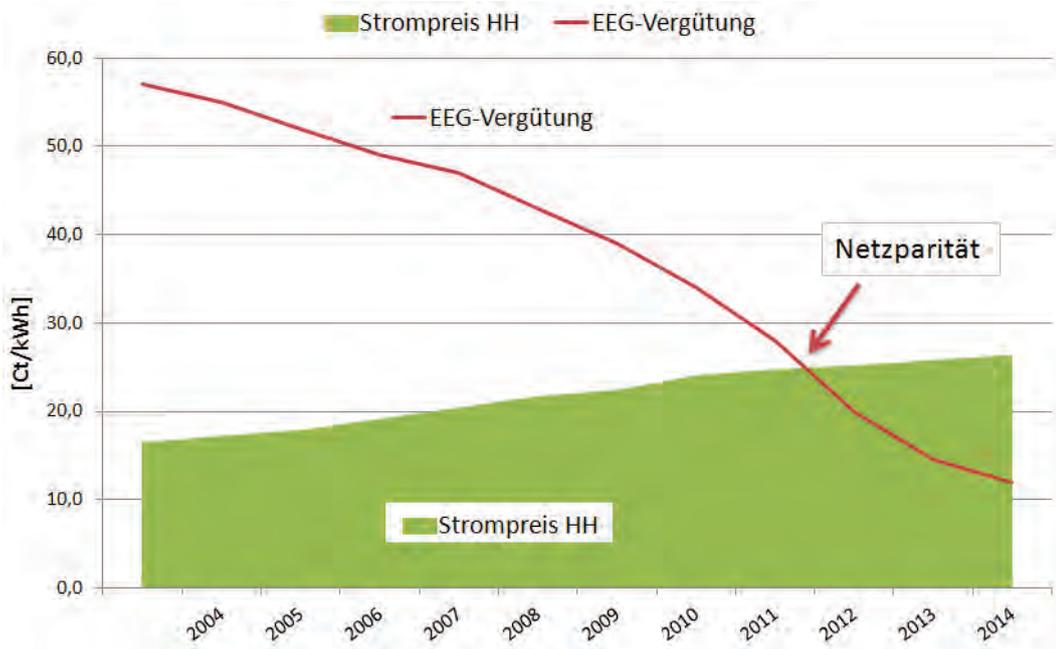
### EEG: Marktintegrationsmodell (seit April 2012 in Kraft)

- sieht vor, dass ab 2014 bei neu errichteten PV-Anlagen (gilt auch für PV-Anlagen, die nach dem 31. März 2013 in Betrieb genommen wurden) auf Gebäuden mit einer installierten Leistung von mehr als 10 Kilowatt bis einschließlich einer installierten Leistung von 1 Megawatt nur noch **90 Prozent** der insgesamt erzeugten Strommenge gefördert werden
- Anreiz für die Anlagenbetreiber, den Strom selbst zu verbrauchen

### Ökonomie:

- Der **Bezugsstrompreis liegt über dem des Vergütungssatz für Solarstrom** (Netzparität seit Mitte 2012).

## Netzparität



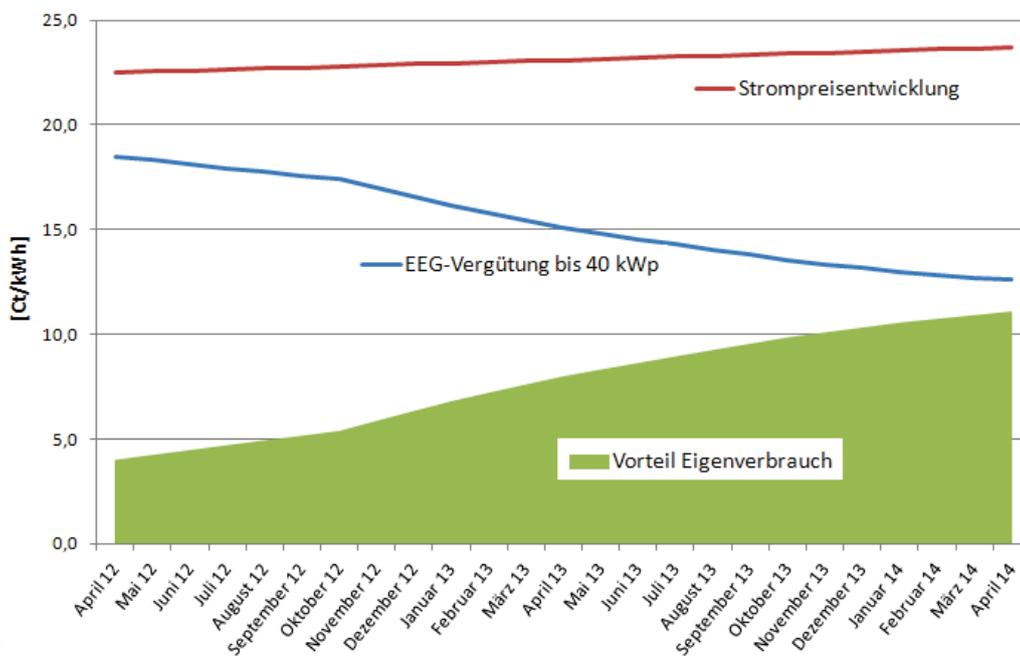
Quelle: Bundesnetzagentur; Grafik: verändert nach Th. Remmersmann

Neiber-ILT2b 03-2014 006

8

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Kostenvorteil Eigenverbrauch



Quelle: Bundesnetzagentur; Grafik: verändert nach Th. Remmersmann

Neiber-ILT2b 03-2014 006

9

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

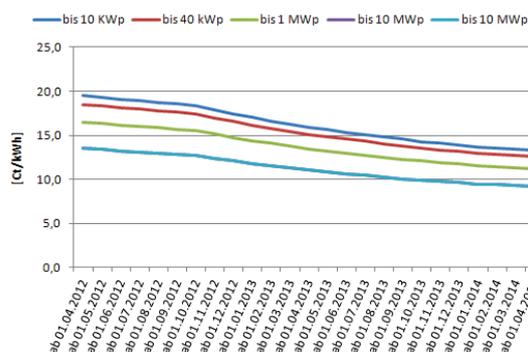
## Entwicklung der Einspeisevergütung



### Vergütungssätze für Strom aus solarer Strahlungsenergie in Cent/kWh ab dem 01.04.2012:

Inbetriebnahme Anlagen nach § 32 Abs. 2 EEG (Dachanlagen) Anlagen nach § 32 Abs. 1 EEG  
 bis 10 kWp bis 40 kWp bis 1 MWp bis 10 MWp bis 10 MWp

ab 01.04.2012	19,50	18,50	16,50	13,50	13,50
ab 01.05.2012	19,31	18,32	16,34	13,37	13,37
ab 01.06.2012	19,11	18,13	16,17	13,23	13,23
ab 01.07.2012	18,92	17,95	16,01	13,10	13,10
ab 01.08.2012	18,73	17,77	15,85	12,97	12,97
ab 01.09.2012	18,54	17,59	15,69	12,84	12,84
ab 01.10.2012	18,36	17,42	15,53	12,71	12,71
ab 01.11.2012	17,90	16,98	15,15	12,39	12,39
ab 01.12.2012	17,45	16,56	14,77	12,08	12,08
ab 01.01.2013	17,02	16,14	14,40	11,78	11,78
ab 01.02.2013	16,64	15,79	14,08	11,52	11,52
ab 01.03.2013	16,28	15,44	13,77	11,27	11,27
ab 01.04.2013	15,92	15,10	13,47	11,02	11,02
ab 01.05.2013	15,63	14,83	13,23	10,82	10,82
ab 01.06.2013	15,35	14,56	12,99	10,63	10,63
ab 01.07.2013	15,07	14,30	12,75	10,44	10,44
ab 01.08.2013	14,80	14,04	12,52	10,25	10,25
ab 01.09.2013	14,54	13,79	12,30	10,06	10,06
ab 01.10.2013	14,27	13,54	12,08	9,88	9,88
ab 01.11.2013	14,07	13,35	11,91	9,74	9,74
ab 01.12.2013	13,88	13,17	11,74	9,61	9,61
ab 01.01.2014	13,68	12,98	11,58	9,47	9,47
ab 01.02.2014	13,55	12,85	11,46	9,38	9,38
ab 01.03.2014	13,41	12,72	11,35	9,28	9,28
ab 01.04.2014	13,28	12,60	11,23	9,19	9,19



Quelle: Bundesnetzagentur

Neiber-ILT2b 03-2014 006 10

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Wirtschaftlichkeit von PV Anlagen ab 01.04.2014



### Vergütung für Solarstrom (PV-Anlage 10 - 40 kWp):

Ansatz 1: 90% des erzeugten Stroms nach EEG (12,60 Ct/kWp)  
 10% Reststrom (4,0 Ct/kWh)

Ansatz 2: 30% Eigenverbrauch (Substitutionswert: 26 Ct/kWp)  
 70% des erzeugten Stroms nach EEG (12,60 Ct/kWp)

### Mittleinsatz - Investitionskosten:

Rendite,  
 Verzinsung,  
 Abschreibung, ...

Bei großen Dachanlagen können um 200 – 400 € günstigere Kosten je kWp kalkuliert werden



Wie **hoch** muß mein Eigenverbrauchsanteil sein und wie **viel** Eigenverbrauchsquote kann ich erreichen?



Neiber-ILT2b 03-2014 006 11

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Ermittlung des möglichen Eigenverbrauchsanteils



### LfL - Projekt: Energieeffizienz in der Landwirtschaft

- Ermittlung von Vergleichskennzahlen als Datengrundlage für die Beratung
- Entwicklung von Ansatzpunkten zur Energieeinsparung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit

### Energieverbrauchsmessung auf Praxisbetrieben

- Exakte und zeitlich aufgelöste Messung (¼ - hWerte) des Energieverbrauchs verschiedener Verbrauchsbereiche
- Erzeugung von Lastprofilen für die einzelnen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren
- Ableitung und Berechnung der möglichen Eigenstromproduktion und –nutzung



## Energiemanagement - Eigenstromnutzung

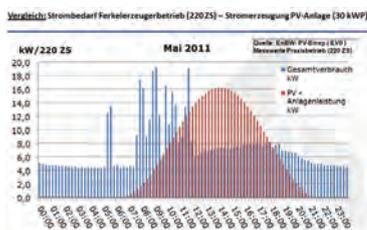


### Marktintegrationsmodell EEG (seit April 2012 in Kraft):

bei neu errichteten PV-Anlagen werden nur noch **90 Prozent** der insgesamt erzeugten Strommenge gefördert – Anreiz den Strom selbst zu verbrauchen.

### Netzparität seit Mitte 2012:

Bezugsstrompreis liegt über dem Vergütungssatzes für Solarstrom



### Energiebereitstellung

EVU

regenerative Energieträger

### Energieverbrauch

Energiemanagement und Energieeffizienz im landwirtschaftlichen Betrieb



Der **Lastgang** beschreibt den **zeitlichen Verlauf** der erzeugten oder der abgenommenen Leistung während einer bestimmten Zeitperiode.

Unter **Energiemanagement** kann man unter anderem die Anpassung und die Optimierung des Energieverbrauchs an die Energieerzeugung verstehen.





## Einflussgrößen auf den betrieblichen Lastgang

### 1. Produktionsverfahren

Für jeden Betriebstyp, für jedes Produktionsverfahren aber auch für jeden einzelnen Betrieb gibt es ein **individuelles Lastprofil**, das aber auch einem ständigen Wechsel unterzogen ist.

### 2. Jahreszeit und Witterungsverlauf

Verbrauchsbereiche, die dem Witterungsverlauf unterworfen sind und Verbrauchsbereiche mit gleichbleibendem Strombedarf

### 3. Tageszeit bzw. der Arbeitsablauf

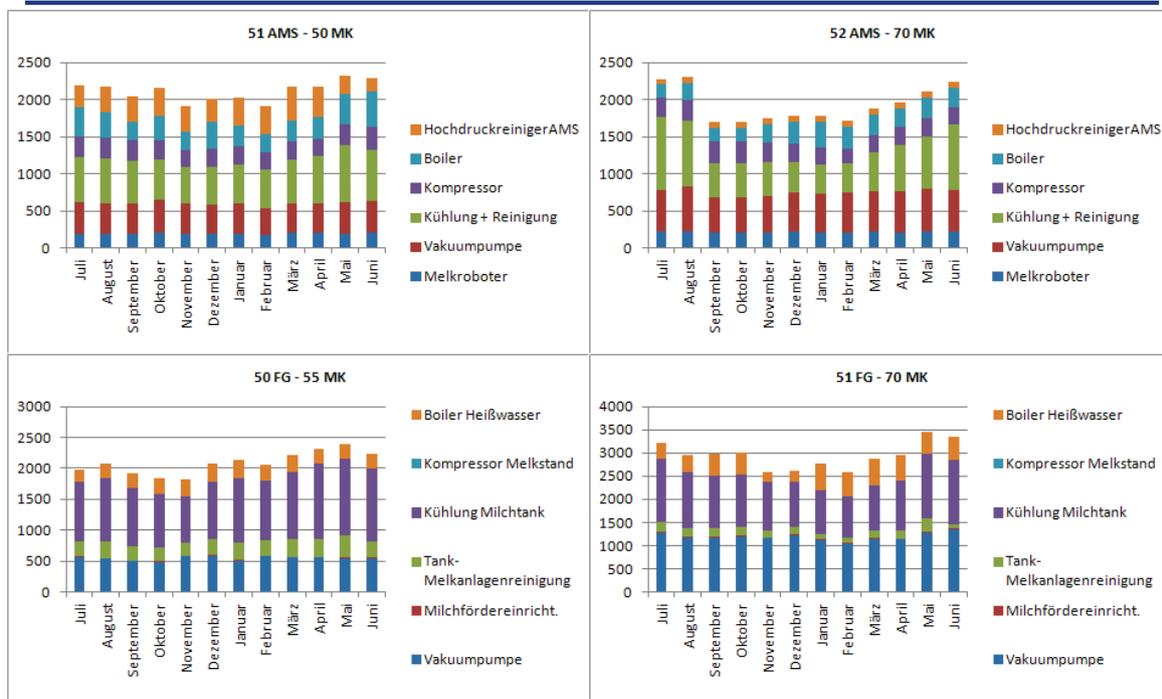
Die Tageslastgänge zeigen, den Einfluss der Tageszeit bzw. des Arbeitsablaufs auf den Stromverbrauch.

### 4. Technische Ausstattung

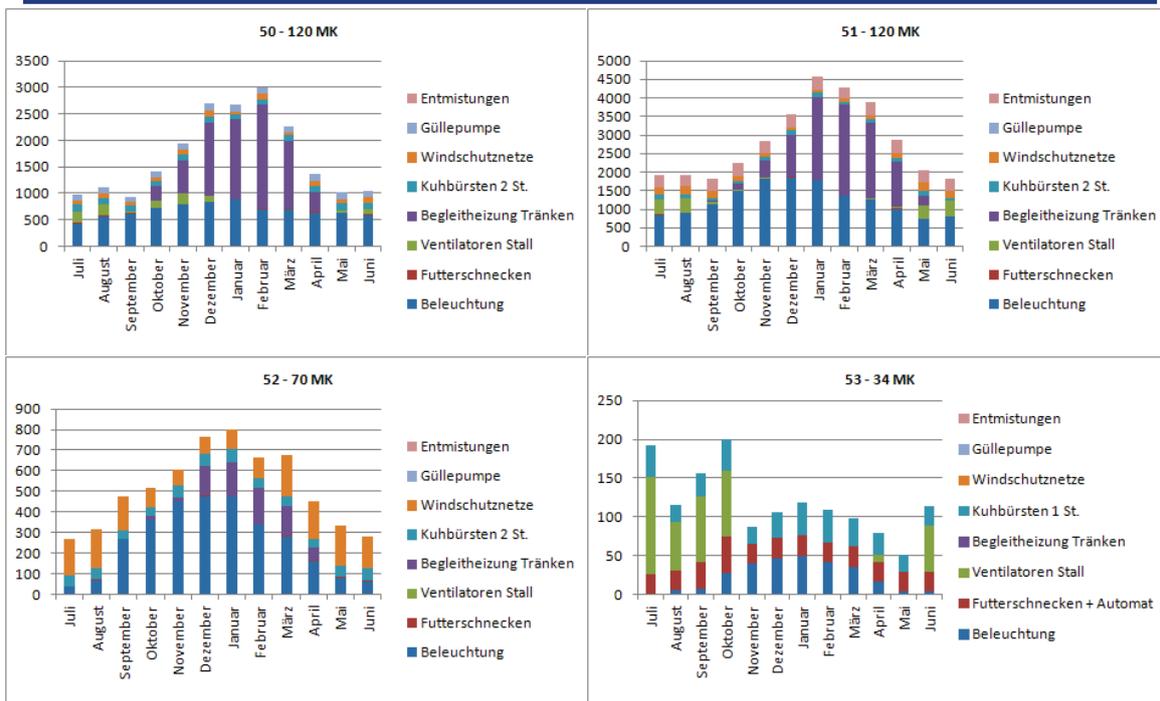
z. B. in Milchviehbetrieben mit unterschiedlichem Melksystem (FG – AMS)



## MV Lastprofile - Milchgewinnung



## MV Lastprofile – Verbraucher Stall



Neiber-ILT2b 03-2014 006 16

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

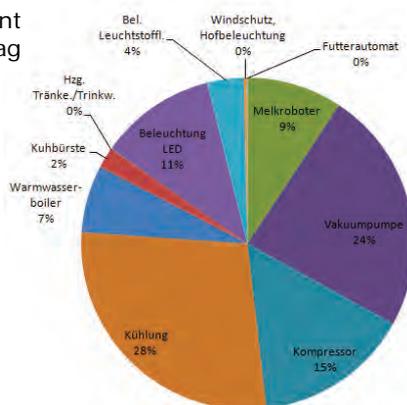
## Verteilung des Stromverbrauchs im Praxisbetrieb MV

Praxisbetrieb mit 70  
Milchkühen  
Melktechnik: AMS  
Beleuchtung:  
automatische Steuerung  
über ein  
Beleuchtungsmanagement  
mit einem 16 Stunden-Tag  
bei 180 Lux  
Beleuchtungsstärke für  
laktierende Kühe

Deutliche Unterschiede  
zwischen dem  
Stromverbrauch im  
Sommer und Winter  
liegen in der  
Verteilung innerhalb  
der einzelnen  
Verbrauchsbereiche.

### Sommertag

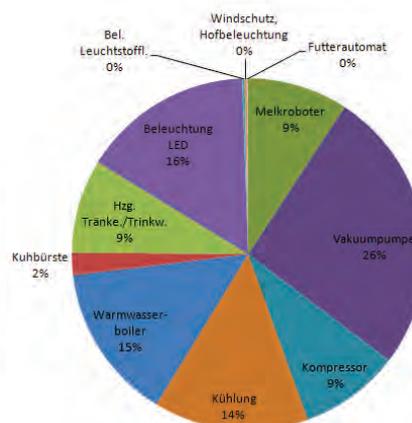
Stromverbrauch: 71,5 kWh  
Ø Temperatur 19,5 °C



Kühlung ca. 20 kWh/Tag  
el. Warmwasserbereitung ca. 5 kWh/Tag  
Frostsicherung ab einer Temperatur von unter 5°C ca. 10,6 kWh/Tag  
Beleuchtung

### Wintertag

Stromverbrauch: 76,3 kWh  
Ø Temperatur -3,7 °C



ca. 10,8 kWh/Tag.  
ca. 11,5 kWh/Tag  
ca. 6,5 kWh/Tag  
ca. 12,2 kWh/Tag.



Neiber-ILT2b 03-2014 006 17

Institut für Landtechnik und Tierhaltung



## Möglichkeiten zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs

### 1. Lastverschiebung

Anpassung des Arbeitsablaufs (soweit möglich) an die Stromerzeugung

### 2. Ausrichtung der PV-Anlage

Verlängerung der solaren Einstrahlungszeiten durch Ost-West Ausrichtung – jedoch geringere Energieerträge

### 3. Auslegung der Anlagengröße an den Energieverbrauch

Grund-, Spitzenlast

### 4. Energiespeicherung

Battereispeichersysteme, ...



Neiber-ILT2b 03-2014 006 18

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Beispiel: Lastverschiebung



### Entmistung

- Güllepumpen in Zeiten mit hoher solarer Einstrahlung
-  Lastabwurfgerät oder Verriegelung

#### Bsp.: Güllepumpe

Anlage	Elektrischer Anschlusswert [kW]	Laufzeit [h/Jahr]	Jahresstromverbrauch [kWh]
Güllepumpe (Lagerkap. 1.000 cbm)	24	100	2.400

Quelle: AEL

#### Bsp. Praxisbetrieb 120 MK

Anlage	Stromverbrauch [kWh] vom 29.06.2012 – 25.10.2012 = 118 Tage	Jahresstromverbrauch [kWh] 365 Tage
Güllepumpe + Rührwerk	702 kWh	2.170 kWh



Neiber-ILT2b 03-2014 006 19

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Lastverschiebung: Eiswasseraufbereitung

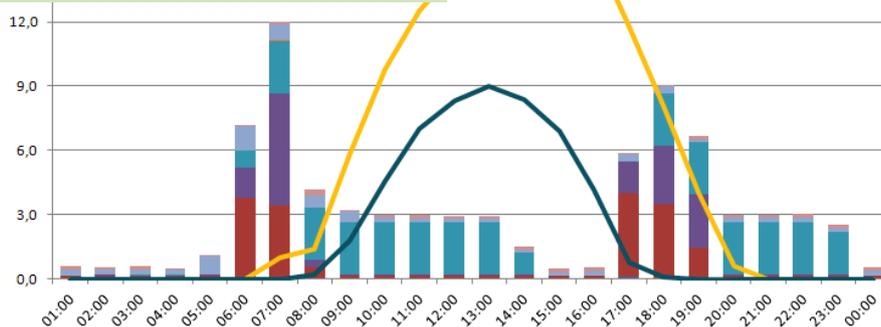


Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)

- Milchpumpe
- Vakuumpumpe
- Kompressor
- Reinigung
- Milchkühlung
- Kraftfutterautomat
- Beleuchtung
- Kuhkomfort
- PV - Mai
- PV - Februar

Verschiebung der Eiswasseraufbereitung in Niedertarifzeiten oder bei PV-Eigenstromnutzung in Zeiten mit hoher solarer Einstrahlung möglich

Quelle: EnBW- PV-Einsp.(EV30 kWp) Messwerte Praxisbetrieb

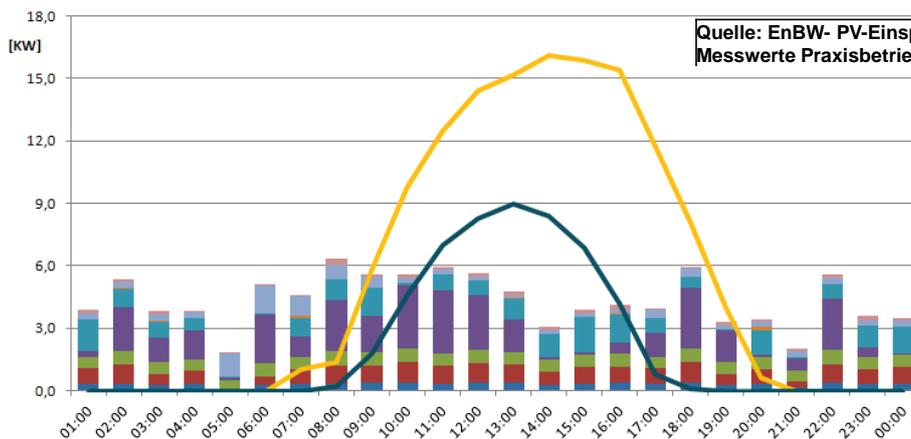


## Technische Ausstattung: AMS



Tageslastgang AMS (65 Milchkühe)

- Melkroboter
- Vakuumpumpe
- Kompressor
- Reinigung
- Milchkühlung
- Kraftfutterautomat
- Beleuchtung
- Kuhkomfort
- PV - Mai
- PV - Februar



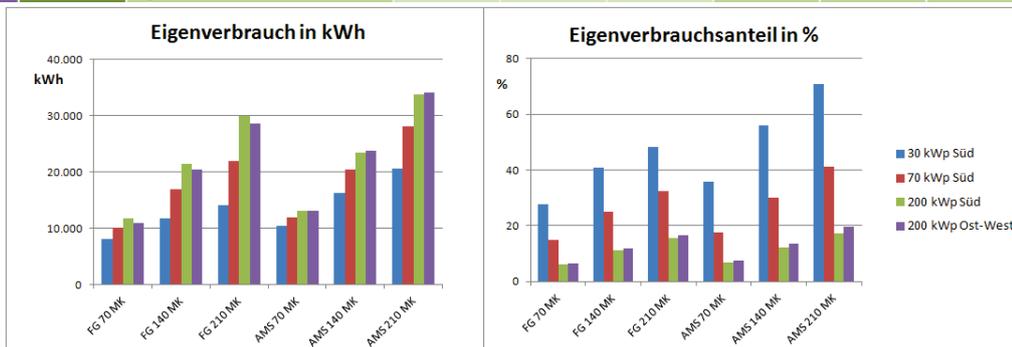
Quelle: EnBW- PV-Einsp.(EV30 kWp) Messwerte Praxisbetrieb



## Solarstromerzeugung und –verbrauch bei unterschiedlicher Anlagengröße Milchviehbetrieb



PV Anlagengröße und Ausrichtung	PV Jahresertrag	Milchviehbetrieb - Melktechnik						
		FG (Melkstand)			AMS (Melkroboter)			
		Anzahl Milchkühe	70 MK	140 MK	210 MK	70 MK	140 MK	210 MK
		<b>Stromverbrauch Betrieb</b>	<b>27.110 kWh</b>	<b>54.221 kWh</b>	<b>81.332 kWh</b>	<b>29.906 kWh</b>	<b>56.293 kWh</b>	<b>84.440 kWh</b>
30 kWp Süd	29.080 kWh	Eigenverbrauch in kWh	8.045	11.833	14.071	10.385	16.312	20.580
		Eigenverbrauchsanteil in %	27,7	40,7	48,4	35,7	56,1	70,8
70 kWp Süd	67.854 kWh	Eigenverbrauch in kWh	10.093	16.933	21.957	11.954	20.430	28.022
		Eigenverbrauchsanteil in %	14,9	25,0	32,4	17,6	30,1	41,3
200 kWp Süd	193.869 kWh	Eigenverbrauch in kWh	11.761	21.509	29.982	13.067	23.483	33.801
		Eigenverbrauchsanteil in %	6,1	11,1	15,5	6,7	12,1	17,4
200 kWp Ost-West	172.715 kWh	Eigenverbrauch in kWh	10.987	20.347	28.630	13.174	23.696	34.091
		Eigenverbrauchsanteil in %	6,4	11,8	16,6	7,6	13,7	19,7



Neiber-ILT2b 03-2014 006 22

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Energiespeicherung



### Gründe für den Einsatz von Speichern

- Optimierung des Eigenverbrauchsanteils
- Unabhängigkeit von der Strompreisentwicklung
- Notstromfunktion bei Netzausfall
- Netzstabilisierung

### Anforderungen an Speicher

- Hoher Wirkungsgrad / Lebensdauer
- Geringe Kosten
- Umweltverträglichkeit
- Sicherheit

### Entwicklung der Anschaffungskosten: Lithium-Ionen Batterie

Speicherkapazität [kWh]	4,6	8,1	10,2	20,5	20,5	41
Spitzenleistung [KW]	2,4	3,5	5,0	6,0	12,0	18
10/2012	€ 11.000	15.000	18.000	24.500	28.900	49.300
10/2013	€ 10.500	14.200	17.200	23.700	28.000	48.000

### Wirtschaftlichkeit: Was kostet der gespeicherte Strom

$$\frac{\text{Kosten}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Anschaffung [€]} + \text{Wartung [€]}}{\text{Effizienz [\%]} \times \text{Entladetiefe} \times \text{Nutzungszyklen} \times \text{Speicherkapazität [kWh]}} \quad *)$$

$$\text{Kosten/kWh} = \frac{(41 \text{ kWh} * 1170€) \text{ Anschaffungskosten} + 0€ \text{ Wartung}}{90\% (\text{Effizienz}) * 80\% (\text{Entladetiefe}) * 6500 (\text{Zyklen}) * 41 \text{ kWh} (\text{Kapazität})} = 0,25 \text{ €/kWh}$$



\*) Quelle: Vortrag Müller C.A.R.M.E.N. e.V.

Neiber-ILT2b 03-2014 006 23

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

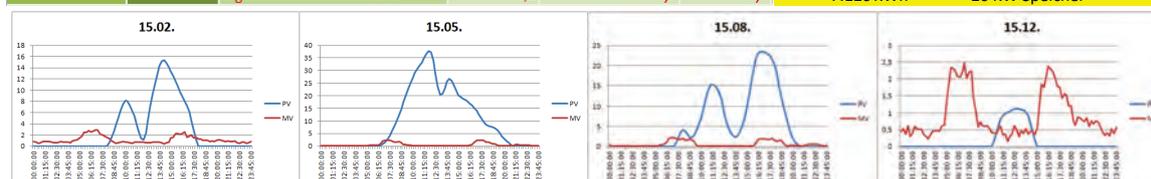
## Speicherpotential



PV Anlagengröße und Ausrichtung	PV Jahresertrag	Milchviehbetrieb - Melktechnik		FG (Melkstand)		74 KWh	Ø Tagesverbrauch
		Anzahl Milchkühe	70 MK	20 KW Speicher	Gesamt		
30 kWp Süd	29.080 kWh	Stromverbrauch Betrieb	27.110 kWh			19.066 KWh	Netzbezug
		Eigenverbrauch in kWh	8.045	5.978	14.023	21.036 KWh	PV-Überschuss
		Eigenverbrauchsanteil in %	27,7	20,6	48,2	5.978 KWh	20 KW Speicher



PV Anlagengröße und Ausrichtung	PV Jahresertrag	Milchviehbetrieb - Melktechnik		FG (Melkstand)		74 KWh	Ø Tagesverbrauch
		Anzahl Milchkühe	70 MK	20 KW Speicher	Gesamt		
200 kWp Süd	193.869 kWh	Stromverbrauch Betrieb	27.110 kWh			15.350 KWh	Netzbezug
		Eigenverbrauch in kWh	11.761	7.126	18.887	182.109 KWh	PV-Überschuss
		Eigenverbrauchsanteil in %	6,1	3,7	9,7	7.126 KWh	20 KW Speicher



## Fazit



Die Nutzung von eigen erzeugter regenerativer Energie von Photovoltaik-Anlagen ist mit in Kraft treten des Marktintegrationsmodells für Strom aus solarer Strahlungsenergie und der Tatsache, dass der Bezugsstrompreis über dem Vergütungssatz für Solarstrom liegt, aus ökonomischer Sicht aber auch aus ökologischen Motiven sinnvoll.

Die Kenntnis **detaillierter Lastprofile** unterstützt bei der Planung und Integration regenerativer Energieträger (PV-Anlagen).



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Energie im Milchviehstall bewusst einsetzen - wichtiger denn je

Josef Niedermeier

Expertenteam „LandSchafttEnergie“, AELF Regen



### Gliederung

---

- ▶ Betriebsentwicklung
- ▶ Energie am Milchviehbetrieb
- ▶ LSE – Energiecheck
- ▶ Zusammenfassung



## Betriebsentwicklung

- ▶ Hofübergabe 2005
- ▶ Ausgangssituation (Vollerwerb):
  - Anbindehaltung (Stromverbrauch ca. 20.000 kWh<sub>el</sub>)
  - 26 MK, 15 Stk. Jungvieh, 15 Stk. Jungvieh ausgelagert
  - 28 ha LN, davon 3,5 ha Acker/4,5 ha Wechselgrünland
- ▶ Istsituation (Nebenerwerb):
  - Laufstall (Stromverbrauch ca. 17.000 kWh<sub>el</sub>)
  - 40 MK, 35 Stk. Jungvieh; 34 ha LN, davon 13 ha Acker



## Betriebsentwicklung





## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Verbrauch derzeit ca. 13.000 kWh<sub>e</sub>/a (~ 325 kWh<sub>e</sub>/MK/a)
- ▶ Einfachste Ausstattung der Melktechnik
- ▶ Reinigung mit drei Spülgängen (Wannenreinigung)
- ▶ Milchkühltank mit Direktkühlung, Wärmerückgewinnung und automatischer Tankreinigung
- ▶ Separates Kühlaggregat innerhalb der Milchammer
- ▶ Dampfstrahler zur Melkstandreinigung
- ▶ Beleuchtung bestehend aus 28 Leuchtstoffröhren

## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Krafftutterstation mit 2 Futtersorten und Spiralförderer
- ▶ 1 Kuhbürste für Laktierndenherde
- ▶ 2 separate Schieberentmistungen ohne Steuerung
- ▶ Elektrische Rolltore
- ▶ Wasserpumpe für Brauchwasserversorgung
- ▶ Frostsicherung + Ringleitung (isoliert)
- ▶ Heizung
- ▶ Sonstiges (Büro, Schmutzwasserpumpe)



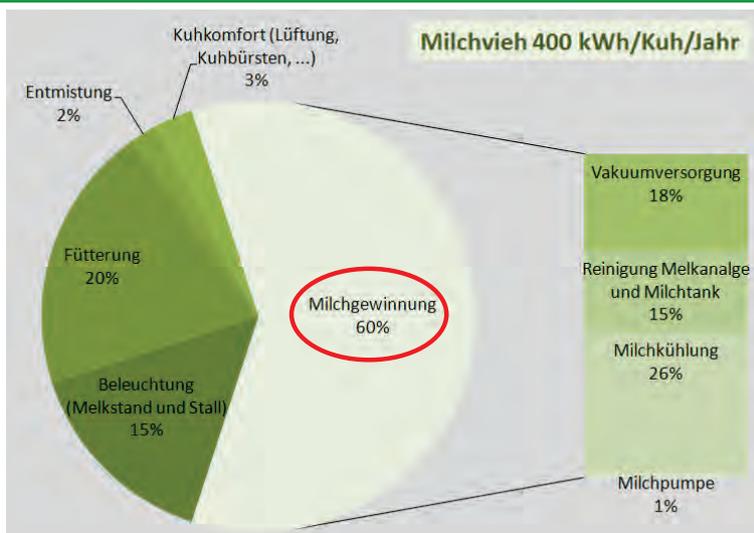
# Energie am Milchviehbetrieb

## Lastgangmessung einzelner Verbraucher

PV 60 kWp 0-W	Melkstand	Milchkühlanlage	Waschautomat	Beleuchtung Stall	FörderungKraftfutter	St. Futterautomat	PC	Massage Bürste	Mistschieber	Rolltore	Dampfschrauber	Wasserpumpe	Frostsicherung	Heizung	Sonstiges (Büro,...)	
0	0,02	0,04	0,01	0,005	0	0	0,031	0,061	0	0	0	0,016	0	0,175	0,023	
0	0,01	0,04	0	0,005	0	0	0,032	0,041	0	0	0	0,062	0	0,043	0,057	
0	0,02	0,23	0,01	0,005	0	0	0,031	0,028	0	0	0	0,028	0	0,043	0,035	
0	0,01	0,03	0	0,0075	0	0	0,032	0,051	0	0	0	0,026	0	0,043	0,0605	
0	0,02	0,04	0	0,005	0,01	0	0,039	0,083	0	0	0	0,007	0	0,043	0,043	
0	0,01	0,04	0,01	0,005	0	0	0,043	0,044	0	0	0	0,023	0	0,043	0,052	
0	1,35	0,64	0	0,0925	0,02	0	0,044	0,022	0,16	0	0	0,023	0	0,043	0,5455	
0	1,68	2,41	0	0,0725	0,01	0	0,039	0,005	0,03	0	0	0,107	0	0,034	1,4725	
2,4	0,94	2,22	0,01	0	0,01	0	0,038	0,02	0,06	0	0	0,208	0	0	0,174	
7,6	0,02	0,04	0,01	0	0,01	0	0,043	0,052	0	0	0	0,121	0	0	0,014	
5,2	0,01	0,03	0	0	0,01	0	0,037	0,043	0	0	0	0,062	0	0	0,045	
11	0,02	0,04	0,01	0	0,01	0	0,039	0,047	0,19	0	0	0,055	0	0	0,009	
14,6	0,01	0,06	0	0	0,01	0	0,037	0,029	0	0	0	0,083	0	0	0,041	
6,8	0,02	0,16	0,01	0	0	0	0,035	0,037	0	0	0	0,088	0	0	0,05	
6,6	0,02	0,03	0	0	0	0	0,032	0,067	0	0	0	0,033	0	0	0,028	
10,5	0,01	0,04	0	0	0	0	0,033	0,022	0	0	0	0,037	0	0	0,028	
6,6	0,02	0,03	0,01	0	0	0	0,032	0,038	0	0	0	0,031	0	0	0,019	
12,9	0,9	0,25	0	0	0	0	0,033	0,017	0,15	0	0	0,095	0	0	0,045	
1,6	2,14	2,48	0,01	0	0	0	0,031	0,012	0,02	0	0	0,152	0	0	0,285	
0,3	0,79	1,65	0,01	0	0	0	0,031	0,005	0,07	0,01	0	0,185	0	0	1,639	
0	0,02	0,03	0	0,05	0	0	0,031	0,057	0,1	0	0	0,2	0	0	0,212	
0	0,01	0,14	0	0,0075	0	0	0,031	0,075	0	0	0	0,029	0	0	0,0575	
0	0,01	0,03	0,01	0,005	0	0	0,032	0,013	0	0	0	0,029	0	0	0,041	
0	0,02	0,04	0	0,005	0	0	0,031	0,036	0	0	0	0,078	0	0	0,05	
0	0	0,01	0	0,01	0	0	0,038	0	0	0	0	0,018	0	0	0,004	
86,1	8,08	10,74	0,11	0,265	0,09	0	0,837	0,905	0,78	0,01	0	1,778	0	0,467	5,028 29,09	
29%	28%	32%	0%	1%	0%	0%	3%	3%	3%	0%	0%	6%	0%	2%	17%	100%



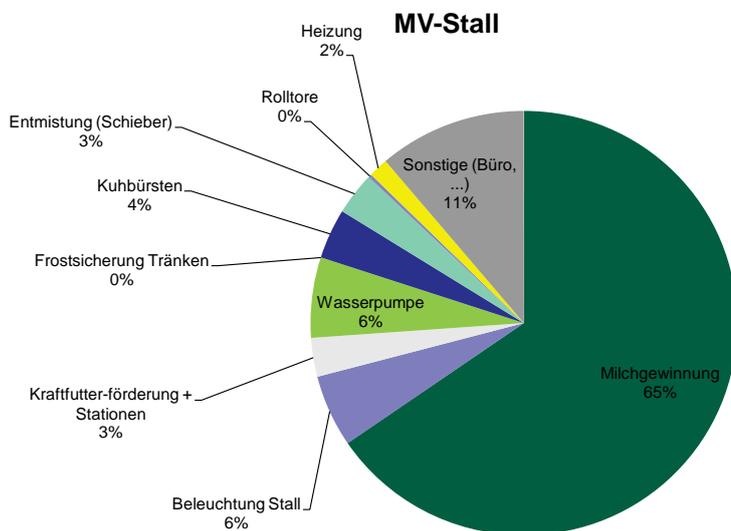
# Energie am Milchviehbetrieb



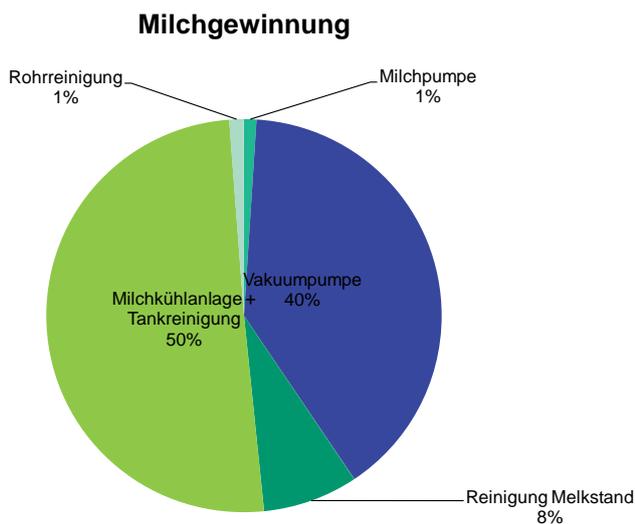
Quelle: LIL



## Energie am Milchviehbetrieb



## Energie am Milchviehbetrieb



## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Futterschieber
- ▶ Dritter Klappschieber
- ▶ Zusätzliche Beleuchtung (Gebäude, Melkstand), Teilabschaltung
- ▶ Heizplatte
- ▶ Abnahmeautomatik
- ▶ Doppelboxenkrafftutterstation
- ▶ Nachtreibehilfe

## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Zweite Kuhbürste
- ▶ Kälbermilchwärmer + Milchtaxi
- ▶ Lüfter
- ▶ Kühler außerhalb
- ▶ Evtl. Eiswasserkühler
- ▶ Rohrkühler und Verbund mit Pufferspeicher
- ▶ LED-Strahler für Fahrsiloanlage
- ▶ Steuerung Krafftutterstation/Reinigung

## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Bessere Ausnutzung der Wärmerückgewinnung
- ▶ Versetzen des Kühlaggregates ins Freie
- ▶ Vorkühler
- ▶ Entkoppelung des Pufferspeichers im Sommer
- ▶ Einsatz effizienter Beleuchtung
- ▶ Intensität der Beleuchtung

## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Eigenverbrauch der PV-Anlage
- ▶ Gezieltes Einschalten von Verbrauchern, um Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen
- ▶ Mögliche zusätzliche Anlage

## Energie am Milchviehbetrieb



- ▶ Einsatz von T5 Leuchtstoffröhren
- ▶ Bessere Zuluftführung des Milchkühlaggregates
- ▶ Kaltreinigung des Melkstandes
- ▶ Einsatz von Reinigungsmittel niedrigerer Temperaturklasse
- ▶ Schließen der Melkstandtüren
- ▶ Umstellung von Hammermühle auf externen Anbieter
- ▶ Wartung und Reinigung von Stromverbrauchern

## LSE - Energiecheck



- ▶ Diversifizierung
- ▶ Strukturentwicklung
- ▶ Expertenteam „LandSchafttEnergie“



## LSE - Energiecheck



- ▶ **Biogas**
- ▶ **Wärmenetze**
- ▶ **Trocknungstechnik**
- ▶ **Energiecheck**
  
- ▶ **BZA Biogas**
- ▶ **Photovoltaik**
- ▶ **Wirtschaftlichkeitsberechnung**
- ▶ **Energiecheck**



## LSE - Energiecheck



- ▶ Gründliche Bauplanung können Ventilatoren ersetzen
- ▶ Einsatz von Fernwasser (Pumpenstrom)
- ▶ Vertränken von noch warmer Kuhmilch/Kaltränke
- ▶ Einsatz von Frequenzsteuerung für Vakuumpumpe
- ▶ Tankgröße nach Bedarf
- ▶ Tankraum kühl halten
- ▶ Wechselrichtersteuerung, um Eigenverbrauch zu steigern



## LSE - Energiecheck

### Kühlung

Problem: keine Frischluftzufuhr  
im Raum des Kühlaggregats,  
Temperatur erhöht sich



- Umgebungstemperatur von 25°C auf 32°C erhöht: Energiebedarf steigt **um 25 %**
  - weiteres Beispiel: bei **5°C** ist der Energieverbrauch um **30 – 40 %** geringer als bei 25°C
- **hohes Einsparpotential!!**



## LSE - Energiecheck

Luftzufuhr  
Kältemaschine



Quelle: LfL



## LSE - Energiecheck

### Beispiel:

- Bedarf für Kühlung der Milch:  
**20 Wh** pro kg Milch (ohne Vorkühlung)
- bei **200.000 kg Milch** / Jahr: **4.000 kWh**
- bei **25 Cent** Strompreis: **1.000 €**
- Energiebedarf erhöht um **25 %**

➔ **Mehrkosten von 250 €/ Jahr!**



## LSE - Energiecheck

### Warmwasserzeugung\*

	Heizöl/Gas	Strom**	Erdgas	Wärmerückgewinnung
Investitionskosten	1.000 € Speicher, Anschluß an Hausheizung	1.200 € Standspeicher 300 l	1.800 € Standspeicher 300 l	3.000 € externer Tauscher/ Speicherbehälter 400 l
Afa, Zins., Rep. (18 %)	180 €/Jahr	210 €/Jahr	320 €/Jahr	540 €/Jahr
Energiepreise	7,5 Cent/kWh	Ø 17,5 Cent/kWh	5,8 Cent/kWh	-
Energiekosten	675 €/Jahr	1.575 €/Jahr	520 €/Jahr	-
Gesamtkosten	855 €/Jahr	1.785 €/Jahr	840 €/Jahr	540 €/Jahr

\* 2 x 200 l/Tag (150.000 l/Jahr von 8°C auf 60°C = 9.000 kWh)  
\*\* Strom: 50 % HT (21,4 Cent/kWh); 50 % NT (13,8 Cent/kWh) 22.00 bis 6.00 Uhr; Heizöl: 060 €/l, Flüssiggas: 0,50 €/l

Quelle: LfL



## LSE - Energiecheck

Plattenkühler



Rohrkühler



Quelle: LfL

Folie 25  
Infotag Energie

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Regen



## LSE - Energiecheck

### Vakuumpumpe

- „Problem“: konventionelle Pumpe fährt immer auf „Höchstleistung“



- **drehzahlgesteuerte Vakuumpumpe** passt sich Leistungsbedarf an (z.B. höhere Leistung beim Reinigen als beim Melken)
- spart dadurch etwa 30 – 40 % an Stromkosten ein

Quelle: LfL

Folie 26  
Infotag Energie

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Regen





## LSE - Energiecheck

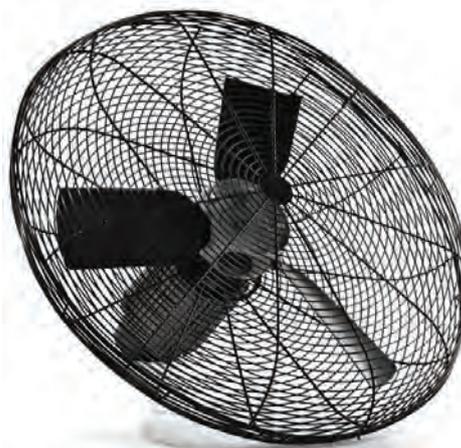
- ▶ Abhängig von der Stallhülle
- ▶ Beleuchtung einzelner Bereiche mit unterschiedlichen Einsatzzeiten
- ▶ Arbeitsbereiche/ Tierbereiche
- ▶ Regelbarkeit der Beleuchtungsstärke
- ▶ Hohe Preisunterschiede der einzelnen Beleuchtungsformen

Kostenvergleich Beleuchtung (160 Milchkühe)							
	Beleuchtungsstärke 80 Lux				Beleuchtungsstärke 150 - 180 Lux		
	Leuchtstofflampen	Natriumdampf-lampen**	Halogenmetall-dampflampen	LED-Strahler	Natriumdampf-lampen**	Halogenmetall-dampflampen	LED-Strahler
el. Anschlusswert [W]	60	250	250	100	400	400	100
Lichtausbeute [lm/W]	85	140	110	110	140	110	100
Install. Leistung [W/m²]*	3,2	1,9	2,2	1,2	4,0	4,4	1,6
Betriebsstunden [h]	20.000	30.000	30.000	60.000	30.000	30.000	60.000
Anzahl	96	14	16	22	18	20	28
Laufzeit [h/Jahr]	900	900	900	900	1800	1800	1800
Jahresstromverbrauch [kWh]	5.184	3.150	3.600	1.980	12.960	14.400	5.040
Stromkosten [€] bei 0,2 €/kWh	1.037	630	720	396	2.592	2.880	1.008
Invest.kosten/ Lampe [€]	200	320	360	720	400	420	720
jährl. Wartungskosten [€]	864	148	173	238	472	504	605
Gesamtkosten [€]	1.901	764	893	634	3.064	3.384	1.613

Quellen: Heidenreich, Th. und Reiter, K. Beiträge im Tagungsband der LfL, 2012; Firmen-e Berechnungen



## LSE - Energiecheck



Quelle: [http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.stallshop24.de/images/articles/2/25/2501/25011/C12-0\\_5.jpg](http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.stallshop24.de/images/articles/2/25/2501/25011/C12-0_5.jpg)

Quelle: [http://www.stallshop24.de/images/articles/2/25/2501/25011/C12-0\\_5.jpg](http://www.stallshop24.de/images/articles/2/25/2501/25011/C12-0_5.jpg)



## Zusammenfassung

---

- ▶ **Beim Bau auf Erweiterungen und anderweitige Betriebsentwicklungen achten**
  - ▶ **Eigenverbrauch hängt von betriebsspezifischen Gegebenheiten ab**
  - ▶ **Milchgewinnung als größter Stromverbraucher (aber auch größte**
  - ▶ **Viel Potenzial, Strom zu sparen, wenn richtig geplant wird!**
- **Viele Kleinigkeiten ergeben den Erfolg**



Josef Niedermeier  
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Regen  
Expertenteam - LandSchafttEnergie  
Bodenmaier Str. 25 · 94209 Regen  
Tel: 09921/608-159 · Fax: 09921/608-142  
E-Mail: Josef.Niedermeier@aelf-rg.bayern.de



# Der deutsche Strommarkt nach der Energiewende

Manfred Götz

LandEnergie, Maschinenringe Deutschland



## Der deutsche Strommarkt nach der Energiewende

Entwicklungen am deutschen Strommarkt und die  
Auswirkungen der Energiewende auf die Verbraucher

Maschinenring



## Vorstellung Maschinenringe Deutschland GmbH



- 1 Bundesverband (Bundesverband der Maschinenringe e.V.)
- 12 Landesverbände
- 260 Geschäftsstellen
- 193.200 Landwirtschaftliche Betriebe



Maschinenring



## Vorstellung Maschinenringe Deutschland GmbH



### Maschinenringe Deutschland GmbH

- 1996 Gründung der Maschinenringe Deutschland GmbH
- 100%ige Tochter des Bundesverbandes der Maschinenringe e.V.
- Bietet Kosteneinsparungen und Zuerwerb für die Landwirtschaft

Maschinenring



## Vorstellung Maschinenringe Deutschland GmbH



### Marken der Maschinenringe Deutschland GmbH

LandEnergie	LandProfi	LandBonus
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie für Landwirte</li> <li>• LandEnergie 100.000 plus</li> <li>• LandEnergie Energiebetreuung</li> <li>• LandEnergie Stromversorgung</li> <li>• LandEnergie Direktvermarktung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuerwerb für Landwirte</li> <li>• Winterdienst</li> <li>• Kehrdienst</li> <li>• Grünflächenpflege</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonus für Landwirte</li> <li>• PKW Rabatte</li> <li>• Kommunikationstechnologie</li> <li>• Betriebsausstattungen</li> <li>• Bekleidung</li> <li>• MR Hotelscheck</li> </ul>

Maschinenring



## LandEnergie - die Energiemarke der Maschinenringe



### Informationen zur LandEnergie

- seit 1999 im Strommarkt tätig
- ab 2000 eigenständiges Energieversorgungsunternehmen
- unabhängiger Stromanbieter
- Mitglied im Bundesverband neuer Energieanbieter (BNE)
- Dafür setzen wir uns ein:
  - ✓ Freier Wettbewerb
  - ✓ Faire Preise
  - ✓ Gegen Monopolstellung der großen Konzerne

Maschinenring



## LandEnergie - die Energiemarke der Maschinenringe



### Produkte und Leistungen der LandEnergie

- Als Stromversorger der Landwirtschaft beraten wir unsere Kunden individuell und können spezifisch auf die Bedürfnisse unserer Kunden eingehen
- Durch intensive Beratung finden wir heraus, welches Produkt am besten für den jeweiligen Landwirt passt

LandEnergie 100.000 plus	LandEnergie Energiebetreuung	LandEnergie Stromversorgung	LandEnergie Direktvermarktung
<ul style="list-style-type: none"><li>• Verbrauch mehr als 100.000 kWh</li><li>• individuelle Preisfindung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• kurzfristig</li><li>• börsenorientiert</li><li>• 1 Jahr Preisbindung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• langfristig</li><li>• ökologisch</li><li>• 3 Jahre Preisbindung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marktprämienmodell</li><li>• Flexibilitätsprämie</li><li>• Flexible Fahrweise</li><li>• Regelenergiemarkt</li></ul>

Maschinenring



## Agenda



- 1) Preisentwicklung an der Strombörse (EEX)
- 2) Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte
- 3) Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima
- 4) Veränderungen des deutschen Strommarktes durch die Energiewende
- 5) Herausforderungen der Stromwirtschaft in den nächsten Jahren
- 6) Allgemeine Diskussion/Fragen

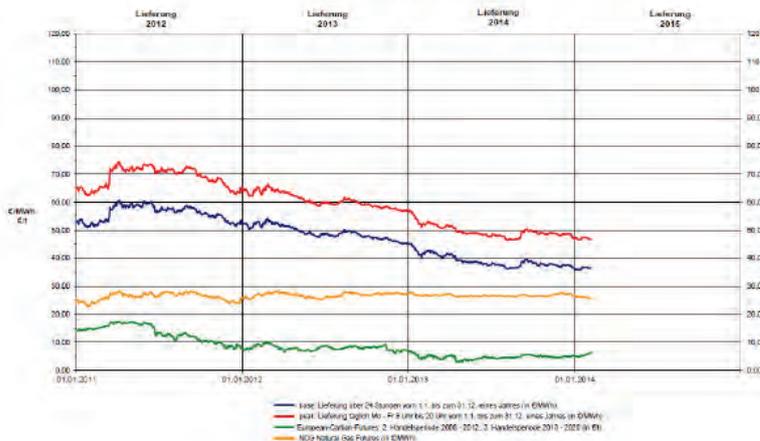
Maschinenring



# Preisentwicklung an der Strombörse (EEX)



## EEX-Terminmarkt Lieferjahre 2012 – 2015 (10 €/MWh= 1 ct/kWh)



### Gründe für tiefsten Stand der EEX seit 2005:

- hohe Einspeisemengen durch EE-Anlagen verdrängen konventionelle Kraftwerke
- Überangebot an Strom wg. hohen EE-Einspeisemengen
- Überangebot an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten
- Milder Winter

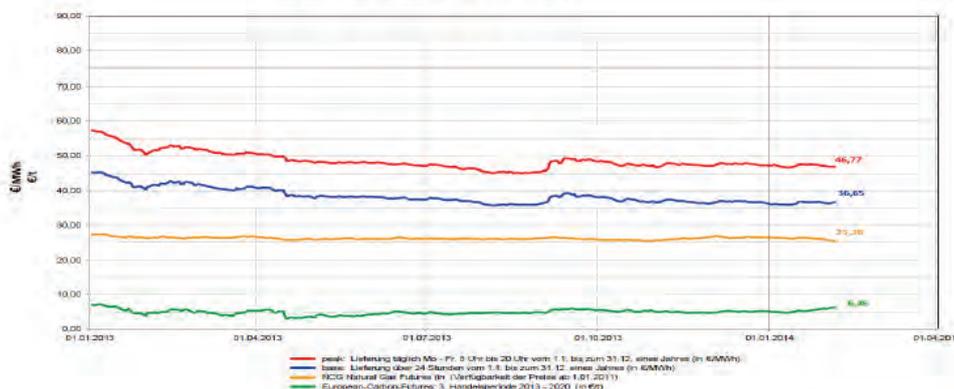
Maschinenring



# Preisentwicklung an der Strombörse (EEX)



## EEX-Terminmarkt Lieferzeitraum 2015 (10 €/MWh= 1 Ct/kWh; 10 €/t= 1ct/kg)



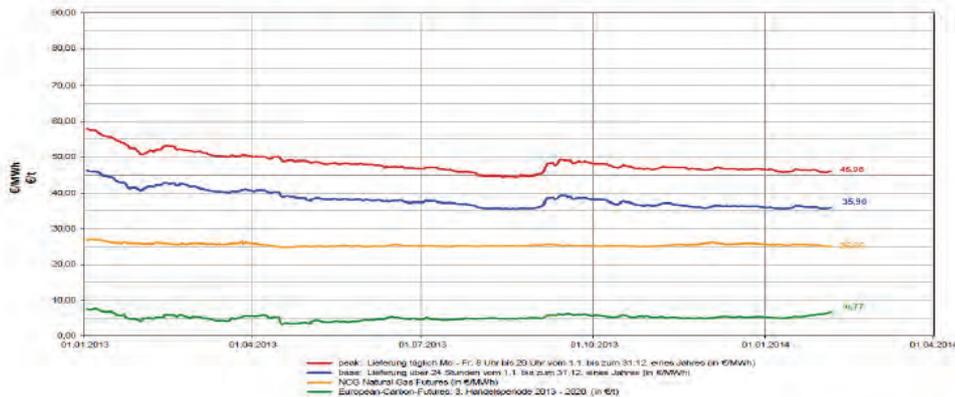
Maschinenring



# Preisentwicklung an der Strombörse (EEX)



**EEX-Terminmarkt  
Lieferzeitraum 2016**  
(10 €/MWh= 1Ct/kWh; 10 €/t= 1ct/kg)



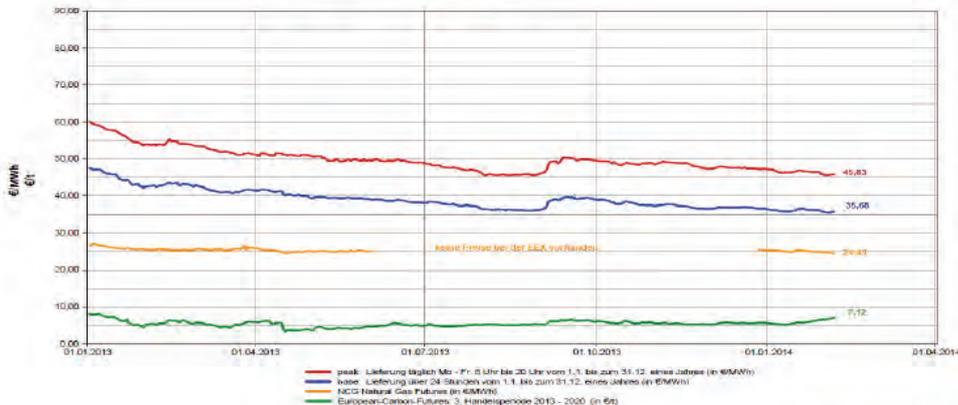
Maschinenring



# Preisentwicklung an der Strombörse (EEX)



**EEX-Terminmarkt  
Lieferzeitraum 2017**  
(10 €/MWh= 1Ct/kWh; 10 €/t= 1ct/kg)



Maschinenring

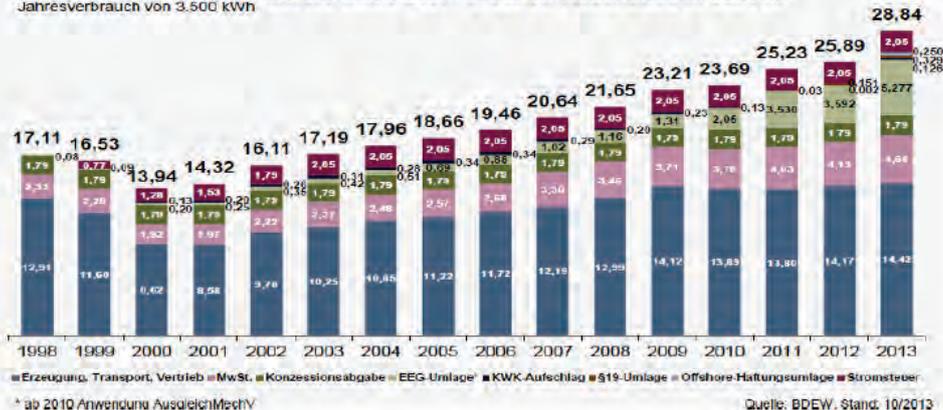


## Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



### Strompreisentwicklung für Haushalte

**Durchschnittlicher Strompreis eines Drei-Personen-Haushaltes in ct/kWh**  
 Jahresverbrauch von 3.500 kWh



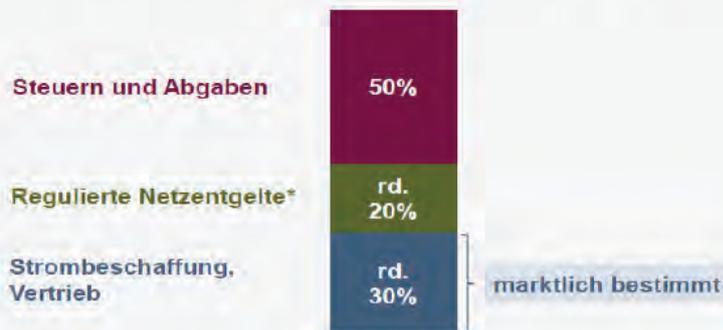
Maschinenring



## Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



**Durchschnittl. Zusammensetzung des Strompreises 2013 für einen Musterhaushalt in Deutschland mit einem Verbrauch von 3.500 kWh/a**



\* durchschnittliches Netzentgelt inkl. Entgelte für Messung, Messstellenbetrieb und Abrechnung, kann regional deutlich variieren

Quelle: BDEW

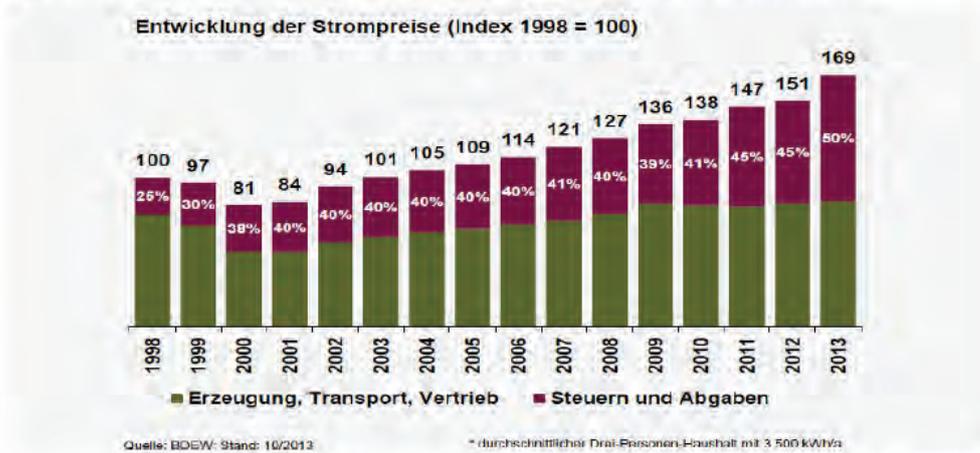
Maschinenring



## Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



### Entwicklung von Steuern und Abgaben bei Haushaltsstrom\*



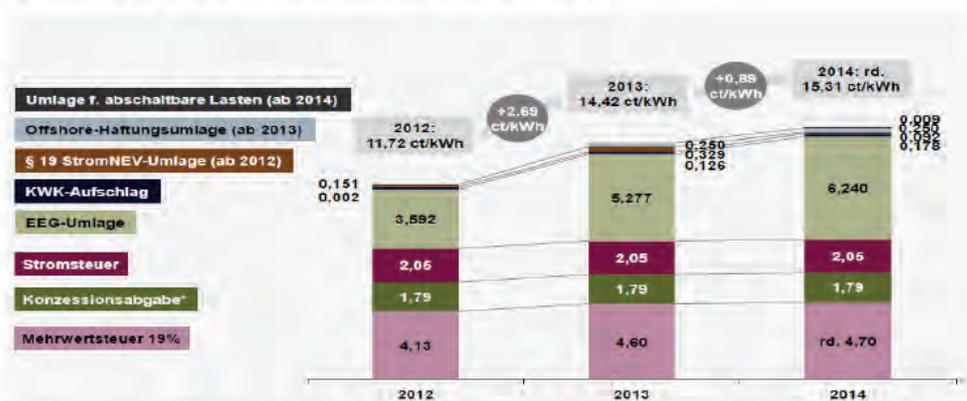
Maschinenring



## Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



### Staatliche Steuern, Abgaben und Umlagen



Maschinenring

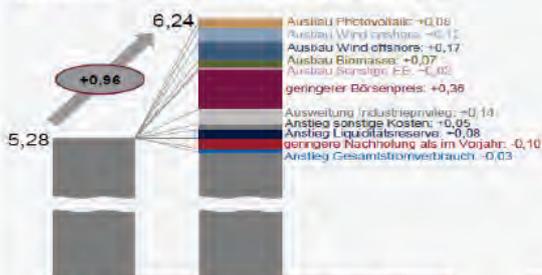


# Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



## Wirkeffekte auf die Höhe und Verwendung der EEG-Umlage 2014

Wirkeffekte auf die Höhe der EEG-Umlage\*

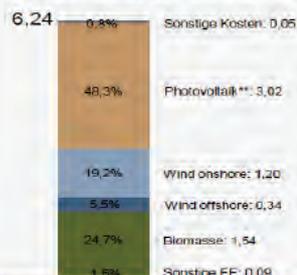


Die Veränderung der Rahmenparameter wie: der Ausbau der Erneuerbaren Energien, Börsenpreisveränderungen, die Inanspruchnahme von Industriebegünstigungen oder der Gesamtstromverbrauch bestimmen die Höhe der EEG-Umlage.

\* alle Angaben in c/kWh

\*\* inkl. Kosten Nachrüstung 50,2 Hz (2014: 120 Mio. €)

Verwendung der EEG-Umlage\*



Das Aufkommen aus der EEG-Umlage – im Jahr 2014 insgesamt 23,6 Mrd. € – wird zu 100% für die Förderung Erneuerbarer Energien verwendet. 97,4% fließen Betreibern von EEG-Anlagen zu, 1,8% gehen an Direktvermarkter von EEG-Strom und 0,8% sind notwendige administrative Kosten.

Quelle: BDEW

Maschinenring

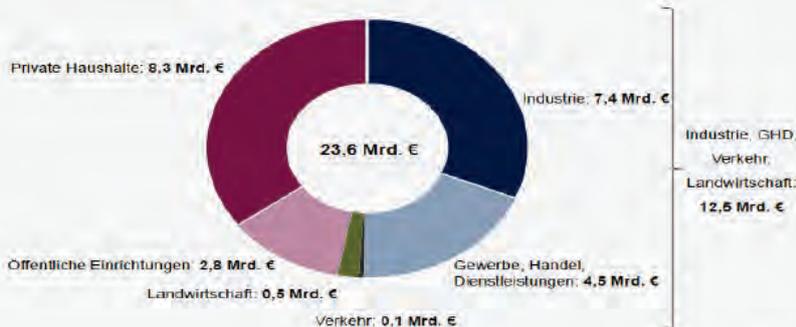


# Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



## Aufkommen der EEG-Umlage 2014

Von den Verbrauchern zu tragende Kosten für das EEG 2014: 23,6 Mrd. €



Quelle: BDEW

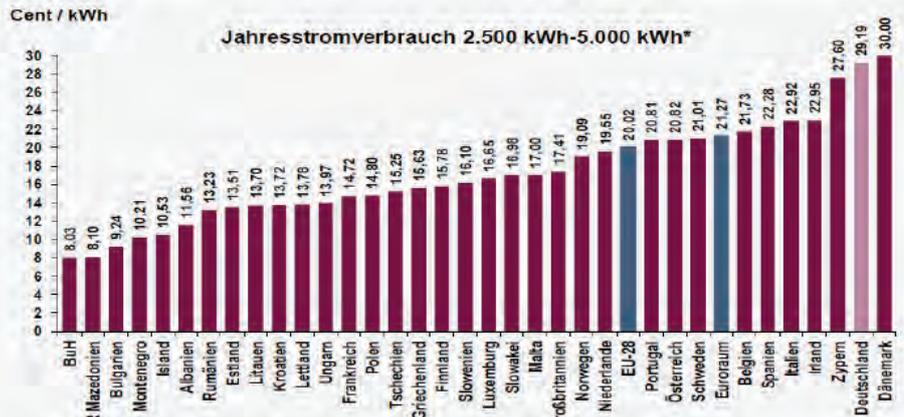
Maschinenring



## Entwicklung und Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte



### Vergleich der Strompreise innerhalb Europas



Quelle: Eurostat Stand: 1. Halbjahr 2013 (Durchschnitt)

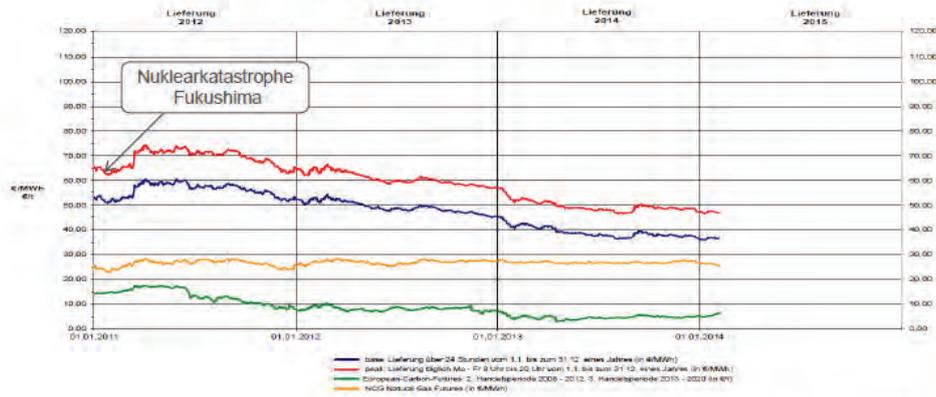
\* Eurostat Band DC: Maschinenring



## Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima



### EEX-Terminmarkt Lieferjahre 2012 – 2015 (10 €/MWh = 1 ct/kWh)



Maschinenring



### Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima



**Stilllegungszeitpunkte für Kernkraftwerke gemäß des novellierten Atomgesetzes**

Standort Kernkraftwerk	Netto-Nennleistung in MW	Zeitpunkt Stilllegung gemäß AtG	Summe Netto-Nennleistung in MW	Zeitpunkt Stilllegung gemäß AtG
Biblis A	1.167	06.08.2011	8.409	2011
Biblis B	1.227	06.08.2011		
GKN-I Neckar	785	06.08.2011		
KKB Brunsbüttel	771	06.08.2011		
KKI-1 Isar	878	06.08.2011		
KKK Krümmel	1.346	06.08.2011		
KKP-1 Philippsburg	890	06.08.2011		
KKU Unterweser	1.345	06.08.2011		
KKG Grafenrheinfeld	1.275	31.12.2015	1.275	2015
KRB-B Gundremmingen B	1.284	31.12.2017	1.284	2017
KKP-2 Philippsburg	1.402	31.12.2019	1.402	2019
KBR Brokdorf	1.410	31.12.2021	4.058	2021
KRB-C Gundremmingen C	1.288	31.12.2021		
KWG Grohnde	1.360	31.12.2021		
GKN-II Neckar	1.310	31.12.2022	4.049	2022
KKE Emsland	1.329	31.12.2022		
KKI-2 Isar	1.410	31.12.2022		
<b>Gesamt</b>	<b>20.477</b>		<b>20.477</b>	

} Bereits vom Netz

Maschinenring



### Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima



**Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011**

- 8 von 17 Atomkraftwerke werden abgeschaltet
- Strompreisanstieg an der Börse ab März 2011 um ca. 10%
- Ab 4. Quartal 2011 stetig fallende Börsenpreise wegen:
  - Rezessionsängste in 2011/2012
  - sinkenden CO<sub>2</sub>-Preisen
  - hoher Zubau an EE-Anlagen in den letzten Jahren

Maschinenring



## Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima



### Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011

- Deutschland bleibt auch in 2011 und 2012 Exporteur von Strom
  - 2010 Ausfuhrüberschuss von 17,6 TWh
  - 2011 Ausfuhrüberschuss von 6,0 TWh
  - 2012 Ausfuhrüberschuss von 22,8 TWh
- Preisniveau an der Strombörse auf niedrigstem Niveau seit 2005

Maschinenring



## Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima



### Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt durch die Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011

- 2012 Rekord (7.600 MW) beim Zubau von Photovoltaikanlagen (PV)
- 2013 nur noch 3.304 MW Zubau an PV
- Novellierung des EEG in 2012:
  - u. a. Einführung der indirekten Mengensteuerung bei PV über den „atmenden Deckel“
  - u. a. Einführung des Marktprämienmodells (EEG-Direktvermarktung)
- erneute Novellierung des EEG wird für August 2014 erwartet

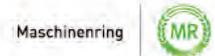
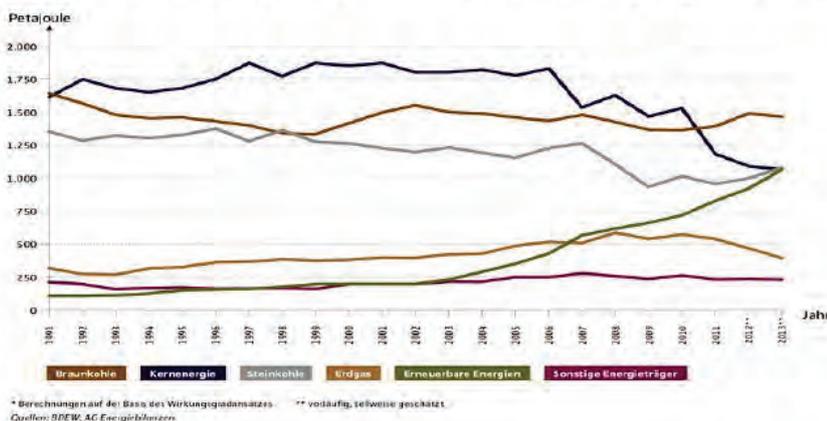
Maschinenring



## Veränderungen des deutschen Strommarktes durch die Energiewende



### Einsatz von Energieträgern zur Stromerzeugung\* in Deutschland

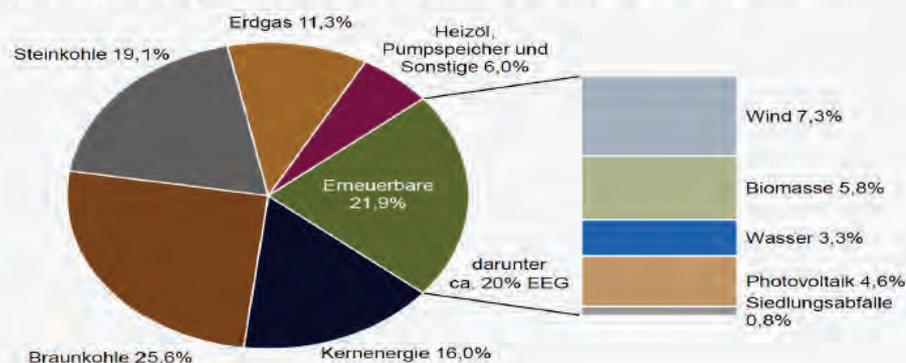


## Veränderungen des deutschen Strommarktes durch die Energiewende



### Anteil der jeweiligen Energieträger an der Brutto-Stromerzeugung

Brutto-Stromerzeugung 2012 in Deutschland: 617 Mrd. Kilowattstunden\*



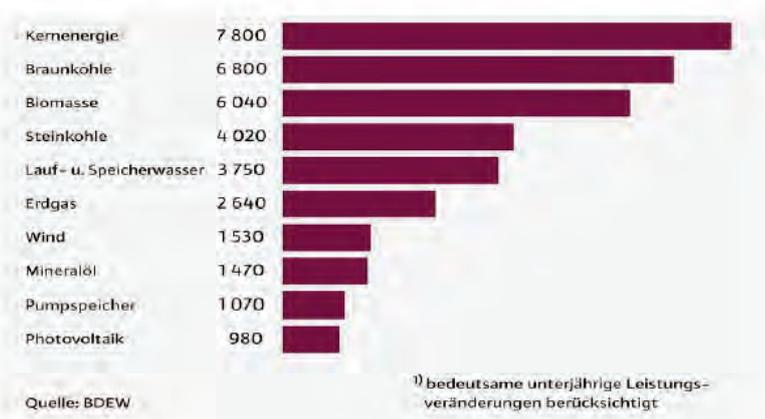
Quelle: BDEW



## Herausforderungen der Stromwirtschaft in den nächsten Jahren



### Jahresvolllaststunden<sup>1)</sup> der deutschen Kraftwerke 2012



Maschinenring



## Herausforderungen der Stromwirtschaft in den nächsten Jahren



### Neue Stromautobahnen bis 2022

Übertragungsbedarf in Gigawatt GW  
(keine konkreten Trassen)

— Gleichstrom-Neubauten — bereits im Bau, genehmigt oder im Genehmigungsverfahren  
— Wechselstrom-Neubauten



Quelle: Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)

© DPA

- 800 Kilometer neue Stromautobahnen
- Aufrüstung von bestehenden 4.400 Km Höchstspannungsnetzen bis 2022

Ziel:

- Ausgleich der schwankenden Ökostromeinspeisung in Deutschland
  - im Norden zu viel Strom
  - im Süden zu wenig Strom

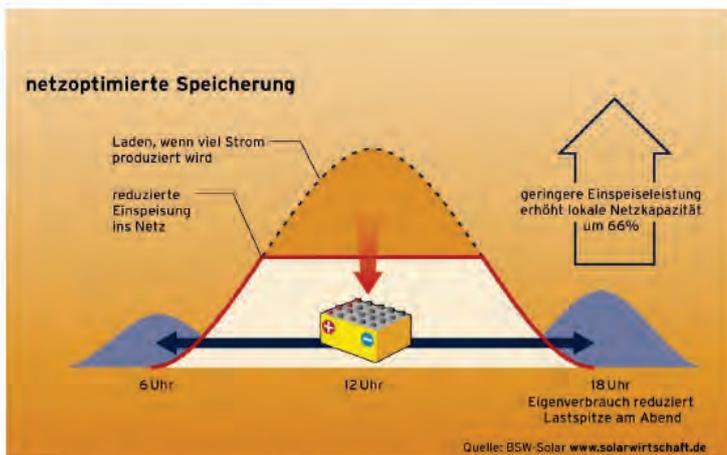
Maschinenring



# Herausforderungen der Stromwirtschaft in den nächsten Jahren



## Netzoptimierte Speicherung fördern



**Anmerkung:**

Energiespeicher bieten die Möglichkeit EE-Anlagen besser in die Stromversorgungssysteme zu integrieren und entlasten die Netze

Maschinenring



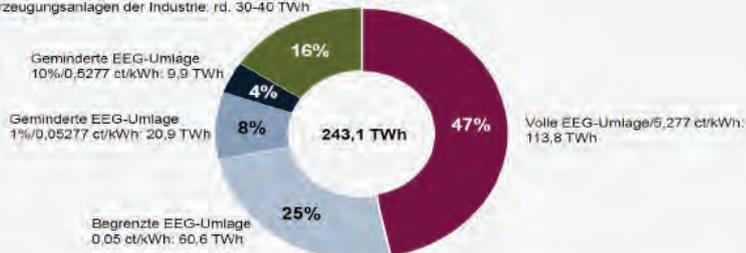
# Herausforderungen der Stromwirtschaft in den nächsten Jahren



## Übersicht zur Entlastung der Industrie bei der EEG-Umlage

Industriestromverbrauch 2013 gemäß Prognose zur EEG-Umlage 2013: **243,1 TWh**

EEG-Umlagenbefreiung nach §37 EEG: Eigenverbrauch aus eigenen Stromerzeugungsanlagen der Industrie: rd. 30-40 TWh



- **Volle EEG-Umlage für knapp die Hälfte des Industriestromverbrauchs!**
- **Ohne Besondere Ausgleichsregelung nach §40 EEG 2012 läge die EEG-Umlage 2013 bei 4 23 ct/kWh bzw um 1 05 ct/kWh niedriger**

Quelle: BDEW

Maschinenring



## Fazit



- Grundlegende Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) notwendig
- Umbau d. Energieversorgung in d. EE-Anlagen eine tragende Säule werden
- Einrichtung einer strategischen Kraftwerksreserve zur Absicherung des Umbaus der deutschen Energieversorgung
- erneuerbare Energien, konventionelle Kraftwerke, intelligente Netze und Speicher im dt. Stromversorgungssystem aufeinander abstimmen
- intelligenter Ausbau der Netze
- Einbettung der dt. Energiewende in europäischen Binnenmarkt für Gas und Strom
- Gerechte Verteilung der EEG-Kosten und Maßnahmen zur Dämpfung der EEG-Umlage

Maschinenring



## Ansprechpartner



**Manfred Götz**  
Referent LandEnergie  
Maschinenringe Deutschland GmbH  
Postfach 12 60  
86617 Neuburg/Donau

Tel.: 08431 6499-1452  
Fax: 08431 6499-1455

[manfred.goetz@landenergie.de](mailto:manfred.goetz@landenergie.de)

Maschinenring



# **Batteriespeicherung für die Anwendung auf land- und forstwirtschaftlichen Betrieben**

Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger

Technologiezentrum Energie, Hochschule Landshut



## **Inhalt**

- **Technologiezentrum Energie der Hochschule Landshut**
- **Technologien**
- **Kriterien für die Systemauswahl**



Prof. Pettinger

Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger

1962 geboren in Landshut

Chemie-Studium an der TU München

8 Jahre Elektrochemische Gassensoren- und Meßgerätebau bei Bayer Diagnostic / Compur Monitors

Gründung der Bullith Batteries AG basierend auf Lizenz der Fraunhofergesellschaft, Bau von Li-Ionen Akkumulatoren, Vorstand

Fusion der Bullith Batteries AG mit Leclanché, Ausbau zu einem der derzeit größten Produzenten von Lithium Akkumulatoren in Deutschland

Seit 1.12.2011: Professur für Elektrische Energiespeicher an der Hochschule Landshut

Wissenschaftliche Leitung des Technologiezentrums Energie der Hochschule Landshut

26.03.2014

3



## Institution

- ... ist eine Forschungs- und Entwicklungseinrichtung der Hochschule Landshut
- ... wird gefördert mit Mitteln des Programms „Aufbruch Bayern“ der Bayer. Staatsregierung
- ... wird tatkräftig unterstützt durch den Markt Ruhstorf a. d. Rott und den Landkreis Passau
- ... wurde am 7.10.2011 durch Staatsminister Heubisch und Präsident Prof. Stoffel eröffnet



Prof. Pettinger

26.03.2014

4



## Funktionen des TZE



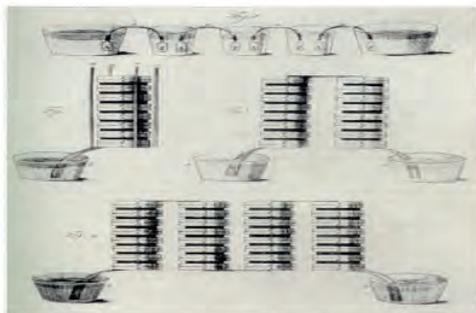
Prof. Pettinger

26.03.2014

5



## Batterien: von 1800 bis heute



Prof. Pettinger



26.03.2014



6



## Inhalt

- **Technologien**
- Kriterien für die Speicherauswahl

Prof. Pettinger

26.03.2014

7



## Technologien: Schwungmassenspeicher

**Prinzip:** Bei Schwachlastzeiten wird mittels eines Motors eine Schwungmasse in Rotation gebracht. In Spitzenlastzeiten kann diese Rotation wieder in elektrischen Strom umgewandelt werden.

**Beispiel: Enercon Schwungrad**

5 kWh Speicherkapazität, 200 kW Leistung über 90 Sekunden



Kosten: ca. 60.000 €

Quelle: <http://wohnen.pege.org/2006-hannover/schwungmassenspeicher.htm>

Prof. Pettinger

26.03.2014

8



## Technologien: Schwungmassenspeicher

### Physikalisches Prinzip

Speicherung von Energie in Form von Rotationsenergie

$$E = 1/2 J \times \omega^2$$

- E: Rotationsenergie
- J: Massenträgheitsmoment
- $\omega$ : Winkelgeschwindigkeit

Problem:

Hohe Leerlaufverluste

(z.B. 10 kW Leerlaufverluste bei Leistung 1650 kW und 16,5 MWs (= 4,6 kWh !!)

→ typische Kurzzeitspeicher (etwa max. 1 Minute)



## Technologien: Natrium / Schwefel



7 MWh-Batterie zur Netzpufferung

Technologie: Natrium Schwefel, Betriebstemperatur 300 °C,

Installiert im Testfeld bei Younicos AG, Berlin

Ziel: Prototypierung für die autarke Energieversorgung der Insel La Graciosa



### Typische Speicherausführungen für den Heimbereich



Wandler mit Batteriemodul  
Teststand hier im Hause am Technologiezentrum Energie

Speichermodul  
Fa. Leclanché 1,8 kWh,  
Titanat-Technologie



### Typische Speicherausführungen für den Heimbereich



Beispiel:  
Speicher 10,2 kWh  
Fa. Diehl

Bilder mit Genehmigung Fa. Lokavis GmbH,  
Eggenfelden



Beispiel:  
Speicher 9,6 kWh  
Fa. BYD

Bilder mit Genehmigung FENECON GmbH,  
Deggendorf



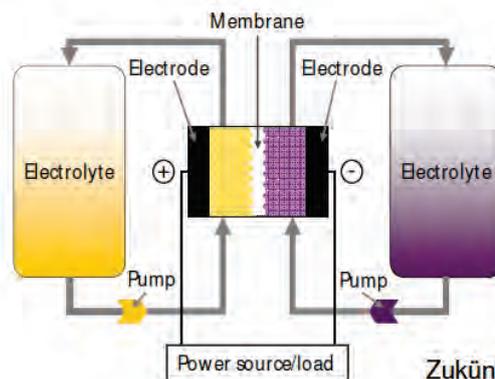
### Technologien: Redox Flow-Systeme



Redox-Flow Batterie (100 kWh / 10 kW) mit drehbarer Photovoltaik, Fa. Cellstrom und Younicos AG



### Technologien: Redox Flow-Systeme



Zukünftige neue Speichertechnologie für Eigenheime → größere Energiemengen

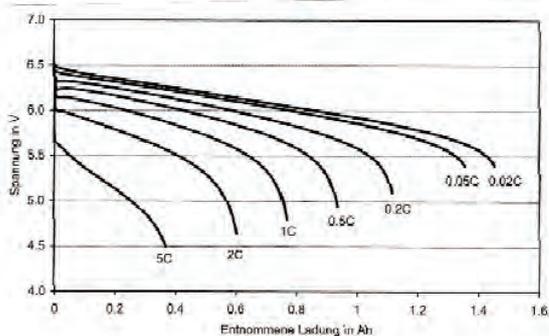
W. Kangro, „Verfahren zur Speicherung von elektrischer Energie“, German Patent 914264, 1949  
W. Kangro, H. Pieper, „Zur Frage der Speicherung von elektrischer Energie in Flüssigkeiten“, Electrochimica Acta Vol. 7, 435– 448, 1962

Quelle:  
Fraunhofer IGT



### Technologien: Blei-Säure-Systeme

- Nachteile: Geringe Puls-Belastbarkeit, Alterung, Ventilation, Pflegebedürftigkeit
- Vorteil: Preis



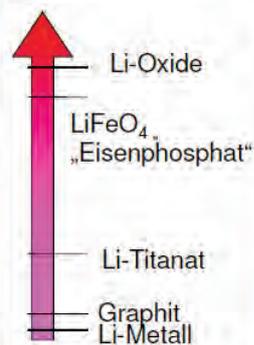
Quelle:  
Jossen, Weydanz, Moderne  
Akkumulatoren richtig  
einsetzen, 2006



### Technologien: Lithium Systeme

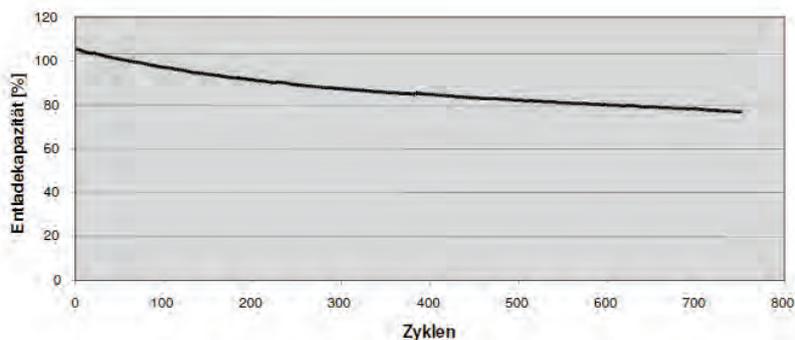
Li-Technologie in verschiedenen Spannungslagen bald erhältlich

Li-Oxide / Graphit	3,7 V		Standard Li-Ionen System, Portable Elektronik
Lithium-Eisenphosphat / Graphit	3,3 V		Kein Explosion des Kathodenmaterials (Erhöhte Sicherheit)
Li-Oxide / Titanat	2,3 V		Extreme Zyklenstabilität (> 10.000 volle Lade- / Entladezyklen)
Lithium-Eisenphosphat / Titanat	1,8 V		Erhöhte Sicherheit + Extreme Zyklenstabilität





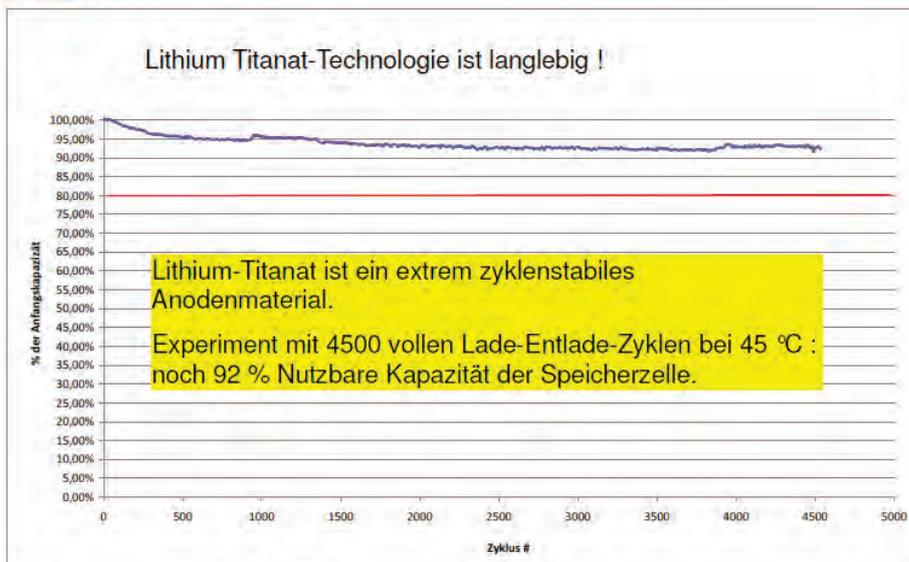
### Problem der Zyklenstabilität



Darstellung am Beispiel einer nicht ausgereiften Zelltechnologie, 100% Lade-Entladezyklen, bei 1-stündiger Ladung/Entladung



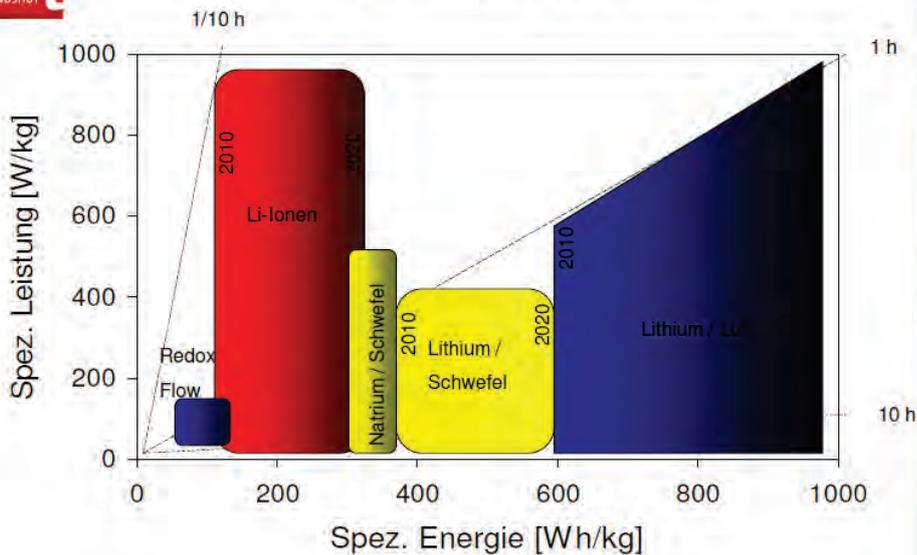
### Technologien: Lithium Systeme



Quelle: Leclanché GmbH



### Entwicklungstrend Energiedichten



### Inhalt

- Technologien
- Kriterien für die Systemauswahl



## Wichtige Kriterien für die Systemauswahl

Feinde der Lebensdauer (= Nutzbare Speicherkapazität) sind:

- **Kalendarische Alterung**

(Systemabhängig, Kenngröße: % irreversibler Kapazitätsverlust / Monat)

- **Permanente Vollladung**

(wichtig ist die korrekte Dimensionierung des Betriebsbereiches des Speichers, oft empfohlener Standard-Nutzbereich 20 – 80 % Nutzungstiefe)

- **Erhöhte Temperaturen in der Zelle**

( ab 40 °C, vor allem bei Pulsbetrieb)



## Was kostet die Speicherung ?

**Relevante Größe:**

Kosten pro gespeicherter und genutzter Kilowattstunde Strom

$$\text{Kosten / kWh} = \frac{\text{Anschaffung [€] + Wartung [€]}}{\text{Effizienz [\%] x Nutzungstiefe [\%] x Nutzungszyklen x Speicherkapazität [kWh]}}$$



## Was kostet die Speicherung ?

**Anschaftung [€] + Wartung [€]**

Kosten / kWh =

Effizienz [%] x Nutzungstiefe [%] x Nutzungszyklen x Speicherkapazität [kWh]

### Anschaftung [€]:

Preise der Technologien **auf Zellebene:**

Blei-Säure	~ 200 €/kWh
Natrium-Schwefel	~ 300 €/kWh
Redox-Flow	~ 500 €/kWh
Lithium	~ 1.000 €/kWh

### Auf Systemebene:

Lithium: 1.000 bis 3.600 €/kWh  
 Preisermittlungen auf Intersolar 2013 und Battery & Storage 2013)

### Wartung [€]:

Lithium-Speicher sind wartungsfrei  
 Blei-Speicher: einige Technologien Wartungsbedarf



## Was kostet die Speicherung ?

**Anschaftung [€] + Wartung [€]**

Kosten / kWh =

Effizienz [%] x Nutzungstiefe [%] x Nutzungszyklen x Speicherkapazität [kWh]

	Bleibatterie	NiCd-Batterie	NiMH-Batterie	Li-Ionen-Batterie
Coulometrischer Wirkungsgrad (Ladung in Ah)	90 %	75 %	75 %	99,9 %
<b>Effizienz</b>				
Energetischer Wirkungsgrad (Energie in Wh)	80 %	65 %	65 %	85 – 95 %

Quelle: Jossen, Weydanz, Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, 2006



## Was kostet die Speicherung ?

$$\text{Kosten / kWh} = \frac{\text{Anschaffung [€] + Wartung [€]}}{\text{Effizienz [\%] x Nutzungstiefe [\%] x Nutzungszyklen x Speicherkapazität [kWh]}}$$

- Nutzungstiefe:**
- genutzte Kapazität oft ungleich Nominalkapazität
  - bei Li-Speichern 100 % Nutzungstiefe möglich
  - bei Pb-Speichern nur 50 % Nutzungstiefe möglich

Geringere Belastung verlängert die Lebensdauer.



## Was kostet die Speicherung ?

$$\text{Kosten / kWh} = \frac{\text{Anschaffung [€] + Wartung [€]}}{\text{Effizienz [\%] x Nutzungstiefe [\%] x Nutzungszyklen x Speicherkapazität [kWh]}}$$

- Lebensdauer: Garantie für die Zellen ?  
→ wichtiges Kriterium für die Rentabilität
- Wie kann die Speicherkapazität bestimmt werden und Abweichungen ggf. beim Hersteller reklamiert werden?
- Bietet der Hersteller Lösungen für diesen Konfliktfall ?

→ Sprechen Sie den Lieferanten auf diese Themen an!



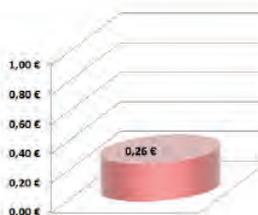
## Berechnungstool für die Kosten der Speicherung

Modellbetrachtung:

Dimensionierung eines elektrischen Heimspeichers bei 1 mal vollständiger Ladung und Entladung pro Tag



51903 kWh zur Nutzung aus dem Speicher (gleichzeitige Energie)  
 13.250 € Gesamtkosten (Anzahl)  
 20,0 Jahre (Wirtschaftszeit)  
 0,26 € pro genutzter kWh (incl. Abschreibungskosten)



## Was kostet die Speicherung ?

Photon 6/2013 Juni 2013 www.photon.info

**SPEICHERWOCHE bei PHOTON**

- 8.200,- (HSC Solutions E 211)
- 18.000,- (Kaco Gridline)
- 23.000,- (Varta Explan Family)
- 9.950,- (Mitsumi Compact)
- 10.000,- (Sol Energymanager)

Handlungsfähig

Betrachtung von fünf Speichersystemen

Titelseite des Magazins Photon, Juni 2013



### Was kostet die Speicherung ?

**8.200,-**

**IBC Solstore 6,3 Li**

- Speicherkapazität: 6,3 kWh
- Ladezyklen: 5.000
- Akku: Lithium-Mangan-Oxid

**Kosten der Speicherung:**

**0,29 €/kWh**  
(bei 90 % Effizienz)

Prof. Pettinger

26.03.2014

29



### Was kostet die Speicherung ?

**18.000,-**

**Kaco Gridsave**

- Speicherkapazität: 4 kWh
- Ladezyklen: 4.000
- Akku: Lithium-Cobalt-Mangan-Nickel

**Kosten der Speicherung:**

**1,25 €/kWh**  
(bei 90 % Effizienz)

Prof. Pettinger

26.03.2014

30



### Was kostet die Speicherung ?

**Varta Engion Family**

- Speicherkapazität: **8,3 kWh**
- Ladezyklen: **6.000**
- Akku: **Lithium-Eisen-Phosphat**

**Kosten der Speicherung:**  
**0,51 €/kWh**  
(bei 90 % Effizienz)

**23.000,-**



### Was kostet die Speicherung ?

**Neostore Compact**

- Speicherkapazität: **5 kWh**
- Ladezyklen: **6.000**
- Akku: **Lithium-Eisen-Phosphat**

**Kosten der Speicherung:**  
**0,37 €/kWh**  
(bei 90 % Effizienz)

**9.950,-**



## Was kostet die Speicherung ?

**Sol-Energymanager**

- Speicherkapazität: 5,4 kWh
- Ladezyklen: 5.000
- Akku: Lithium-Ionen

**Kosten der Speicherung:**  
0,41 €/kWh  
(bei 90 % Effizienz)

**10.000,-**



## Dimensionierung passend zu Einfamilienhaus PV: Speicherkosten

- 7 kWh Lithium-Ionen Speicher (passend zu 10 kW PV-Anlage), Systempreis 1.300 €/kWh
- Nutzungsdauer 20 Jahre, 1 x tägliche Aufladung / Entladung (7200 Zyklen), wartungsfreie Technologie
- 90 % Effizienz, 80 % Nutzungstiefe

$$\text{Kosten / kWh} = \frac{(7 \text{ kWh} \times 1300 \text{ €/kWh}) \text{ (Anschaffungskosten)} + 0 \text{ € (Wartung)}}{90 \% \text{ (Effizienz)} \times 80 \% \text{ (Nutzung) [\%]} \times 7300 \text{ (Zyklen)} \times 7 \text{ kWh (Kapazität)}} = 0,25 \text{ € / kWh}$$

Die Rahmenbedingungen für die Erzielung des Preises bestimmt bestimmen Nutzer und Systemanbieter!



**HOCHSCHULE LANDSHUT**  
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

**Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger**  
Hochschule Landshut  
Technologiezentrum Energie  
Wiesenweg 1 · D-94099 Ruhstorf a. d. Rott

Tel.: +49 8531 914044-0  
Fax: +49 8531 914044-48  
Karl-heinz.pettinger@fh-landshut.de  
[www.fh-landshut.de/tze](http://www.fh-landshut.de/tze)





