

## **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



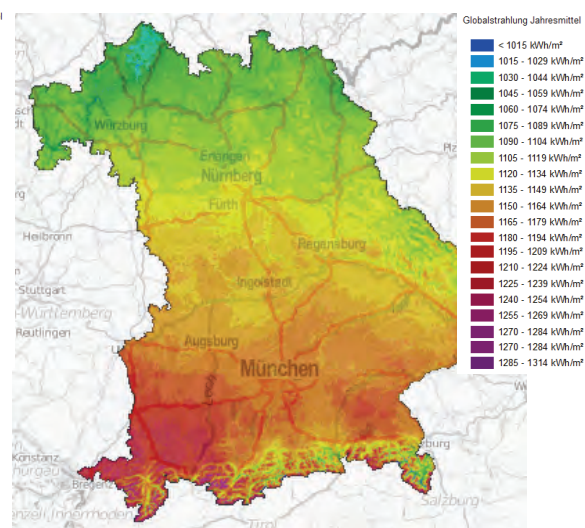
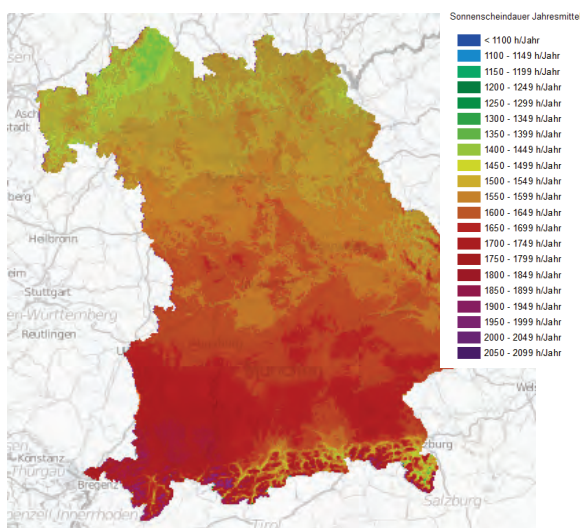
- **Einleitung**  
Potential, Erzeugung, Rahmenbedingungen
- **Einflussgrößen**  
Solarertrag  
betrieblicher Verbrauch
- **Lastprofile landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und Eigenstromnutzung (PV)**
- **Optimierung der Eigenstromnutzung**

## Potenzial der PV-Nutung in Bayern



sehr günstige Voraussetzungen zur Nutzung der Solarenergie:

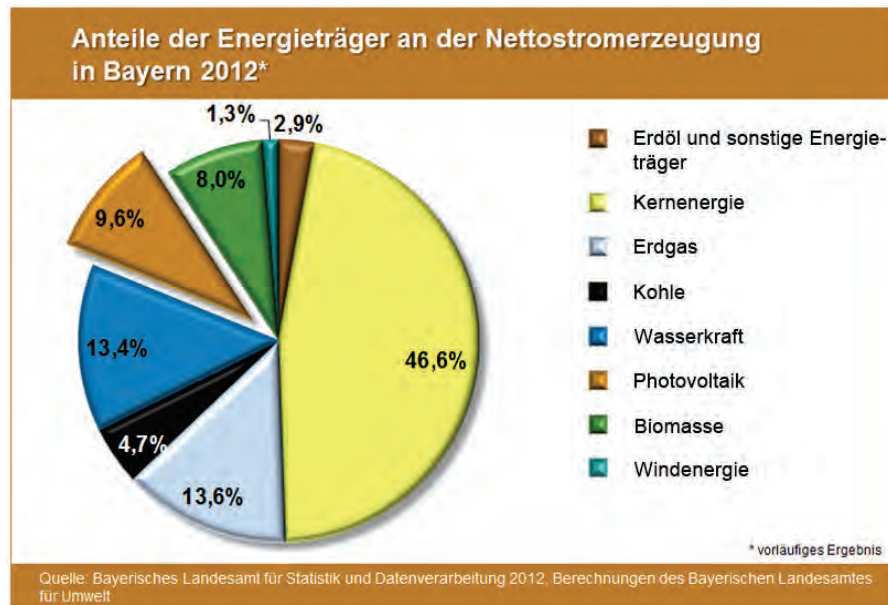
- **Sonnenscheindauer** von 1.400 bis 1.700 Stunden pro Jahr
- **Globalstrahlungssumme** im Mittel zwischen 1.060 und 1.180 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr



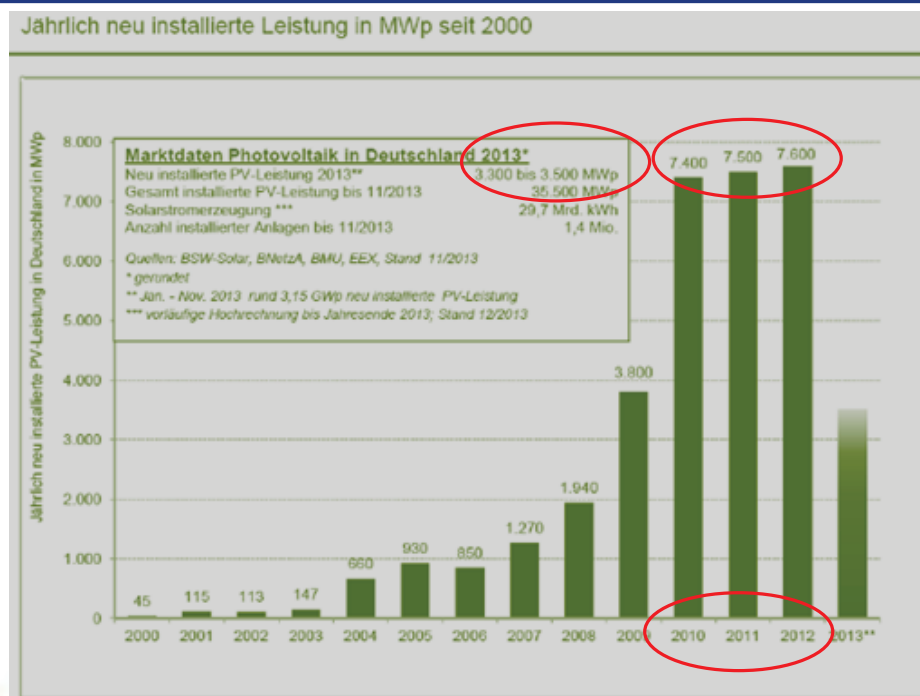
## PV-Erzeugung



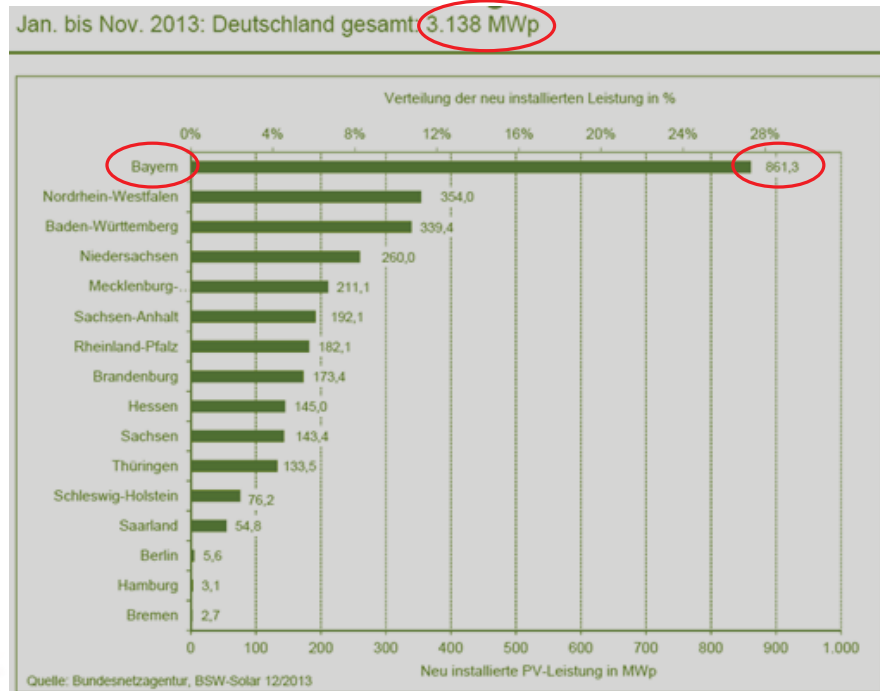
Photovoltaik hatte 2011 deutschlandweit einen Anteil an der Bruttostromerzeugung von 3,2% (2012: 4,7%), in Bayern lag er mit 8,0% (2012: 9,6%) deutlich höher.



## Entwicklung der PV-Installationen



## Neu installierte PV-Leistung



## Gründe für Eigenstromnutzung



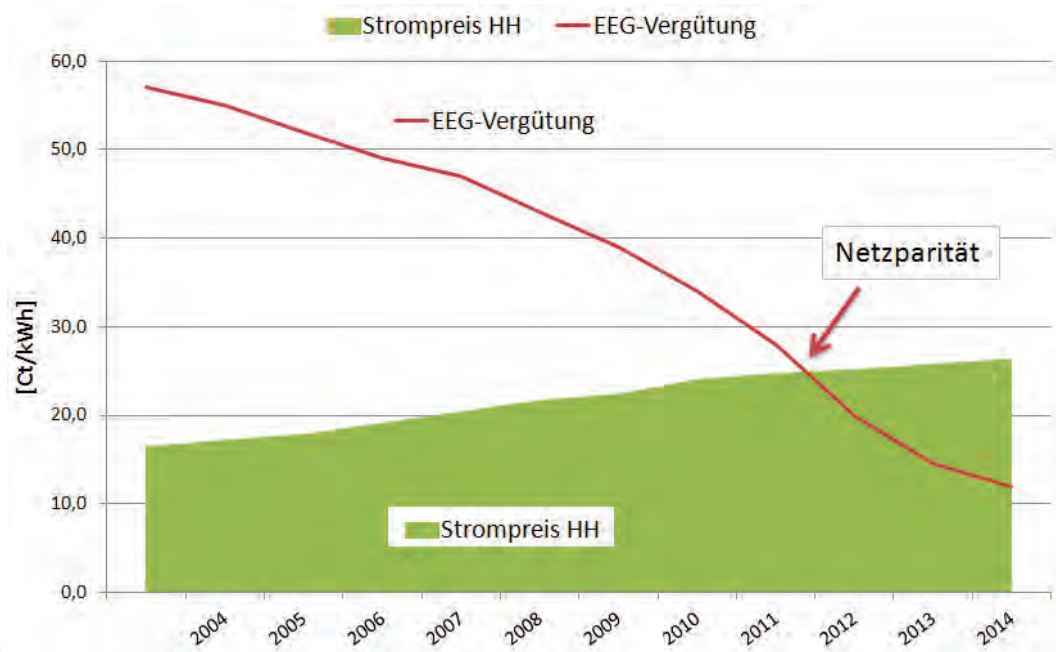
### EEG: Marktintegrationsmodell (seit April 2012 in Kraft)

- 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



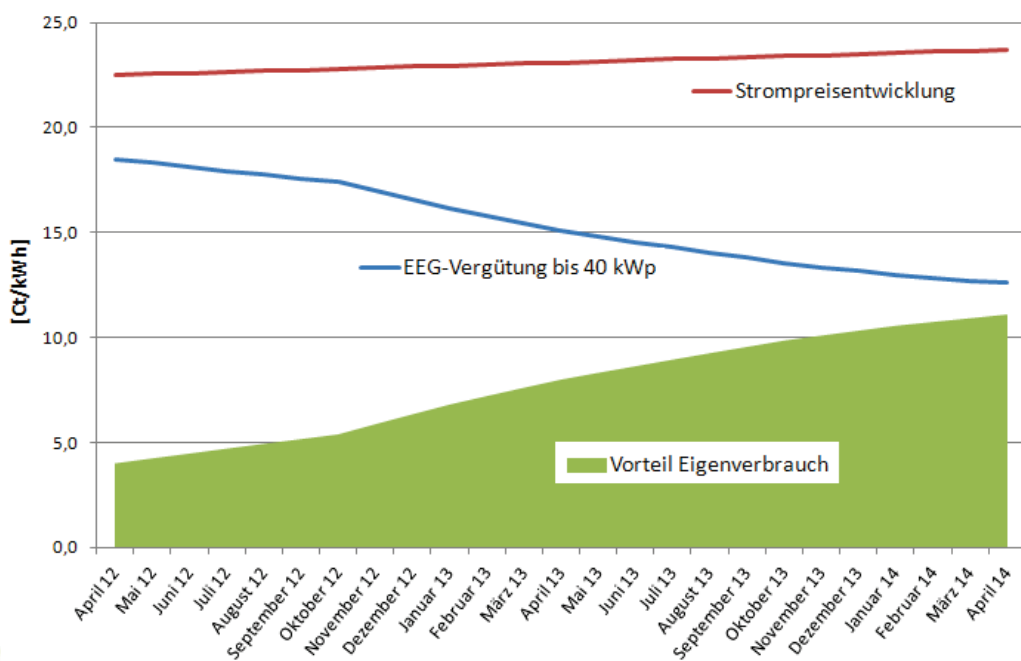
Quelle: Bundesnetzagentur; Grafik: verändert nach Th. Remmersmann

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

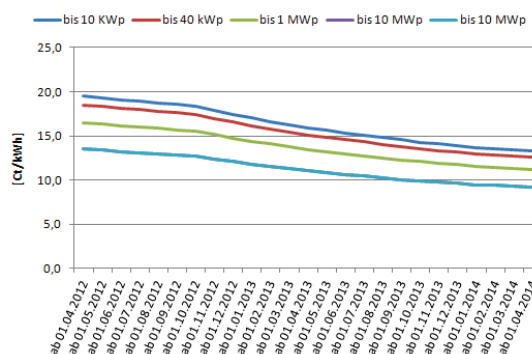
## Entwicklung der Einspeisevergütung



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)

### Mitteleinsatz - 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 ( $\frac{1}{4}$  - hWerte) des Energieverbrauchs verschiedener Verbrauchsbereiche
- Erzeugung von Lastprofilen für die einzelnen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren
- Ableitung und Berechnung der möglichen Eigenstromproduktion und –nutzung



Neiber-ILT2b 03-2014 006

12

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Energiemanagement - Eigenstromnutzung

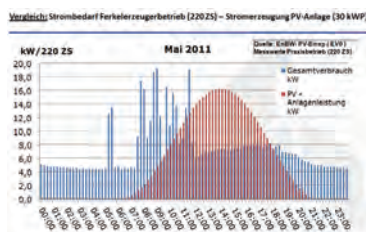


### Marktintegrationsmodell EEG (seit April 2012 in Kraft):

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



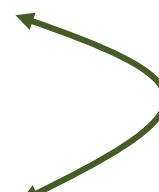
### Energiebereitstellung

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.



Neiber-ILT2b 03-2014 006

13

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## 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.

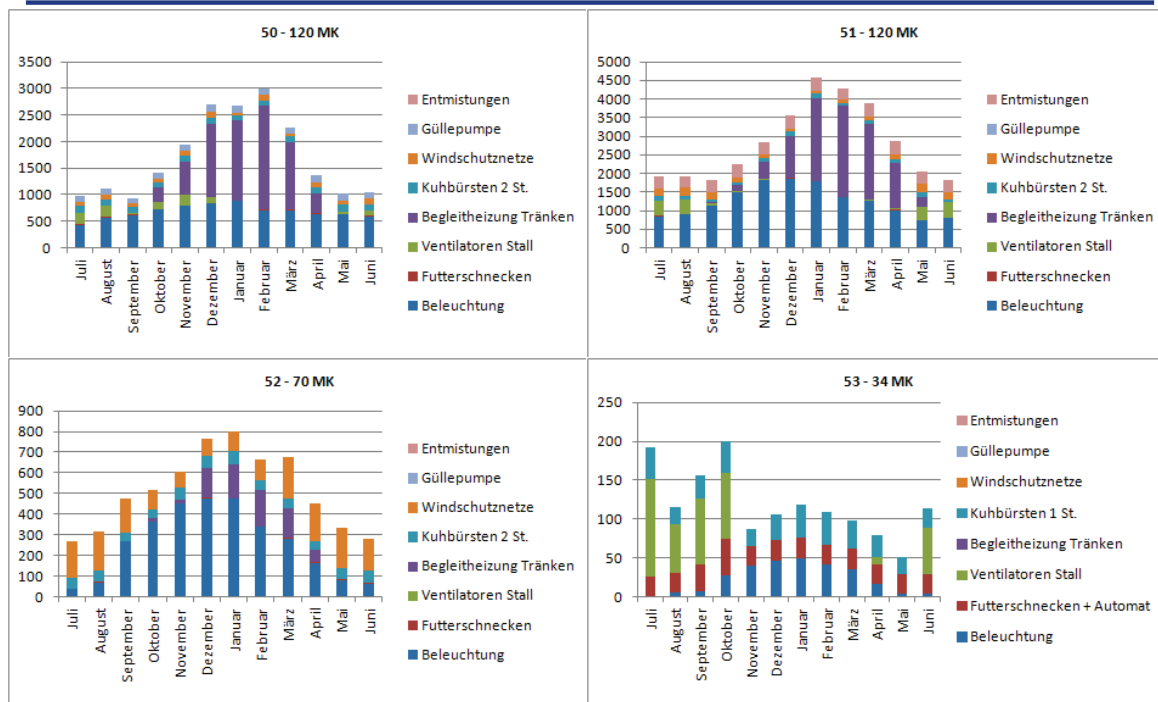
### 4. Technische Ausstattung

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

## MV Lastprofile - Milchgewinnung



## MV Lastprofile – Verbraucher Stall



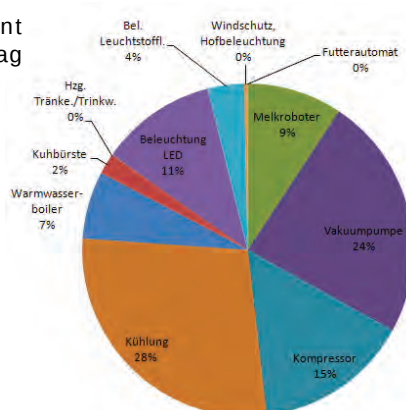
## Verteilung des Stromverbrauchs im Praxisbetrieb MV

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

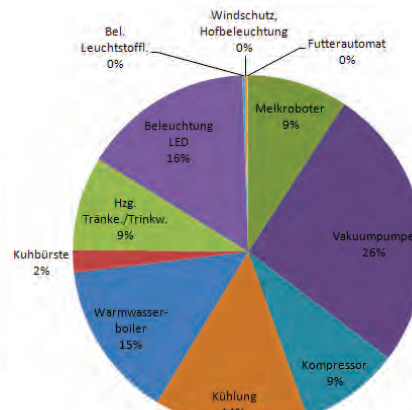


Kühlung  
el. Warmwasserbereitung  
Frostsicherung ab einer Temperatur von unter 5°C  
Beleuchtung

ca. 20 kWh/Tag  
ca. 5 kWh/Tag  
ca. 10,6 kWh/Tag

### 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.

## 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

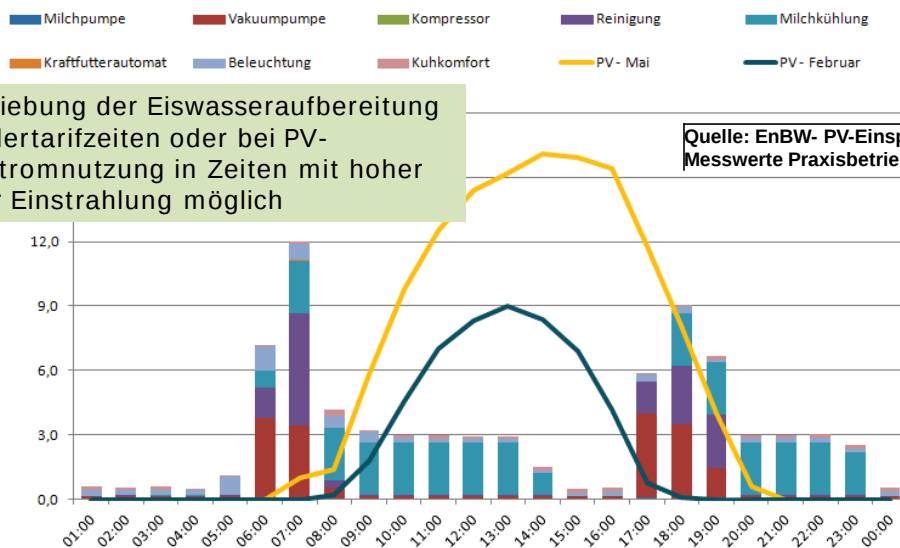
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Lastverschiebung: Eiswasseraufbereitung



Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)

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



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



Neiber-ILT2b 03-2014 006

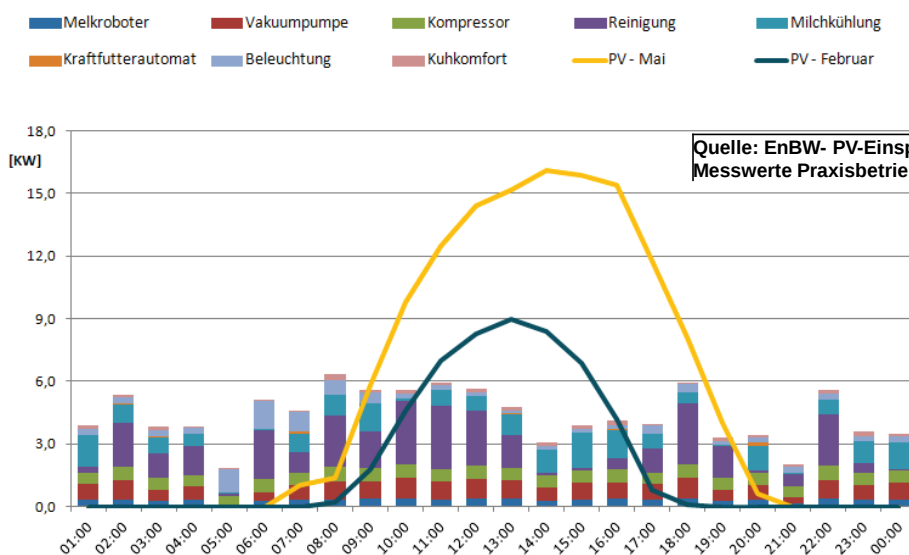
20

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Technische Ausstattung: AMS



Tageslastgang AMS (65 Milchkühe)



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



Neiber-ILT2b 03-2014 006

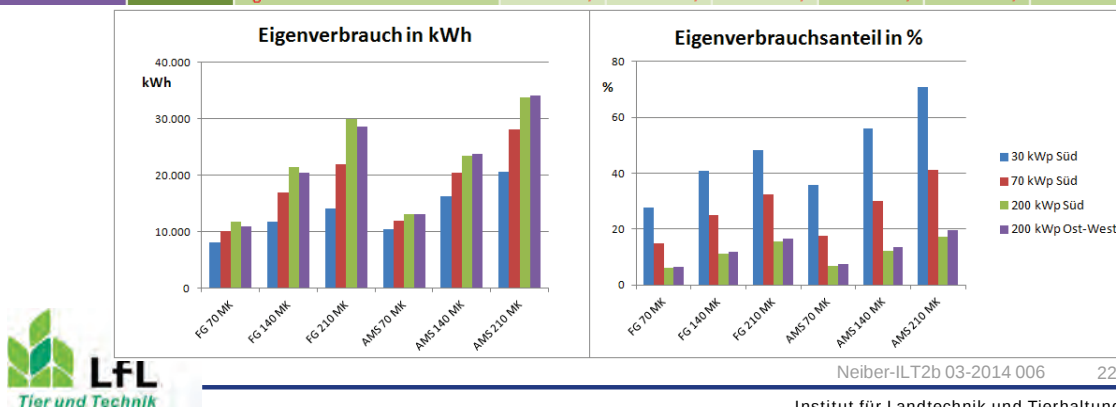
21

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## Solarstromerzeugung und -verbrauch bei unterschiedlicher Anlagengröße Milchviehbetrieb



| PV<br>Anlagengröße<br>und Ausrichtung | PV<br>Jahresertrag | Milchviehbetrieb - Melktechnik | FG (Melkstand) |            |            | AMS (Melkroboter) |            |            |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|
|                                       |                    | Anzahl Milchkühe               | 70 MK          | 140 MK     | 210 MK     | 70 MK             | 140 MK     | 210 MK     |
|                                       |                    | Stromverbrauch Betrieb         | 27.110 kWh     | 54.221 kWh | 81.332 kWh | 29.906 kWh        | 56.293 kWh | 84.440 kWh |
| 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       |



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

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

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



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

Neiber-ILT2b 03-2014 006

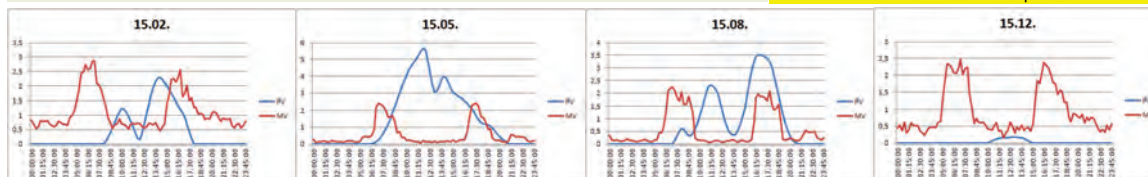
23

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

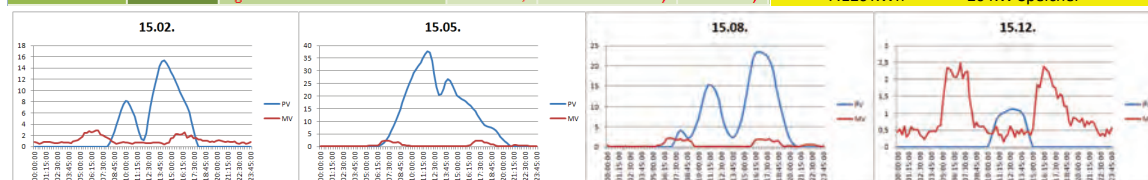
## Speicherpotential



| PV<br>Anlagengröße<br>und Ausrichtung | PV<br>Jahresertrag | Milchviehbetrieb - Melktechnik | FG (Melkstand) |                |        | 74 KWh     | Ø Tagesverbrauch |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------|--------|------------|------------------|
|                                       |                    | Anzahl Milchkühe               | 70 MK          | 20 KW Speicher | Gesamt |            |                  |
|                                       |                    | Stromverbrauch Betrieb         | 27.110 kWh     |                |        | 19.066 KWh | Netzbezug        |
| 30 kWp Süd                            | 29.080 kWh         | 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<br>Anlagengröße<br>und Ausrichtung | PV<br>Jahresertrag | Milchviehbetrieb - Melktechnik | FG (Melkstand) |                |        | 74 KWh      | Ø Tagesverbrauch |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------|--------|-------------|------------------|
|                                       |                    | Anzahl Milchkühe               | 70 MK          | 20 KW Speicher | Gesamt |             |                  |
|                                       |                    | Stromverbrauch Betrieb         | 27.110 kWh     |                |        | 15.350 KWh  | Netzbezug        |
| 200 kWp Süd                           | 193.869 kWh        | 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   |



Neiber-ILT2b 03-2014 006

24

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

## 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!**



Neiber-ILT2b 03-2014 006

25

Institut für Landtechnik und Tierhaltung