

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**

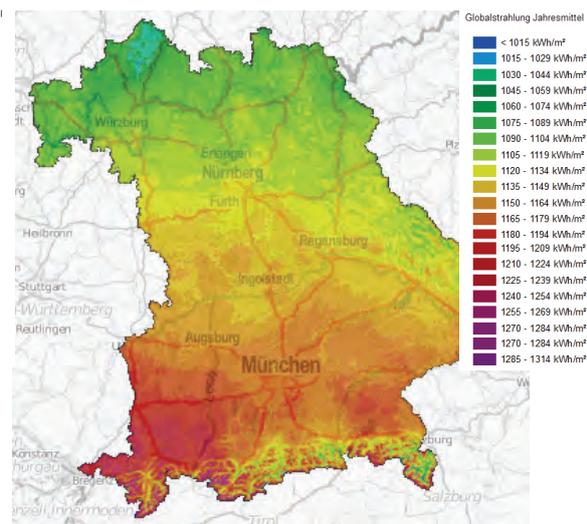
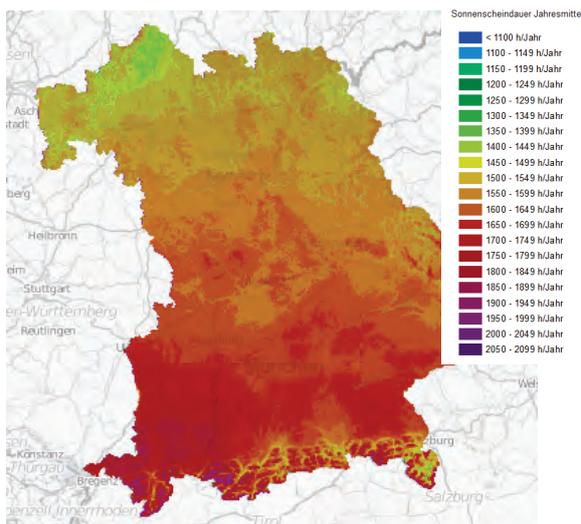


Potenzial der PV-Nutzung in Bayern



sehr günstige Voraussetzungen zur Nutzung der Solarenergie:

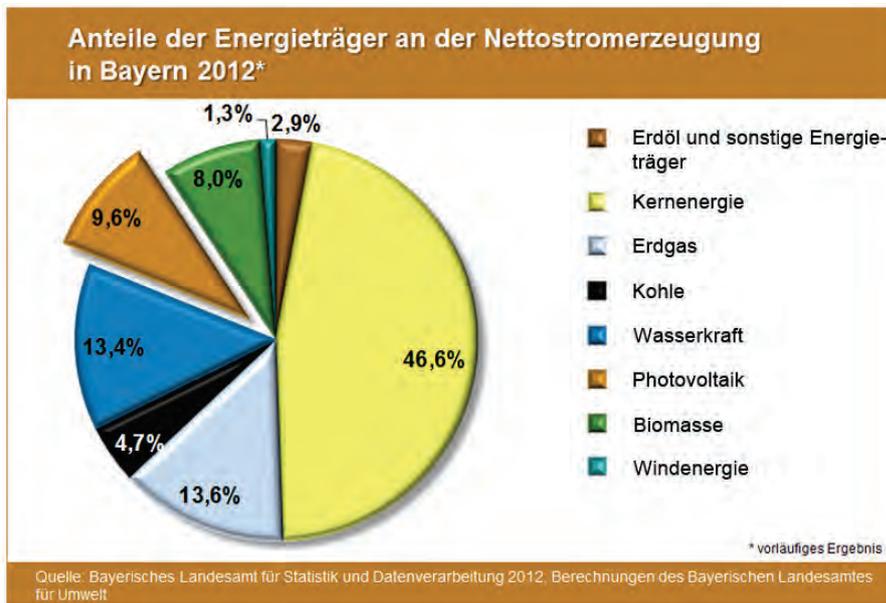
- **Sonnenscheindauer** von 1.400 bis 1.700 Stunden pro Jahr
- **Globalstrahlungssumme** im Mittel zwischen 1.060 und 1.180 kWh/m² pro Jahr



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.

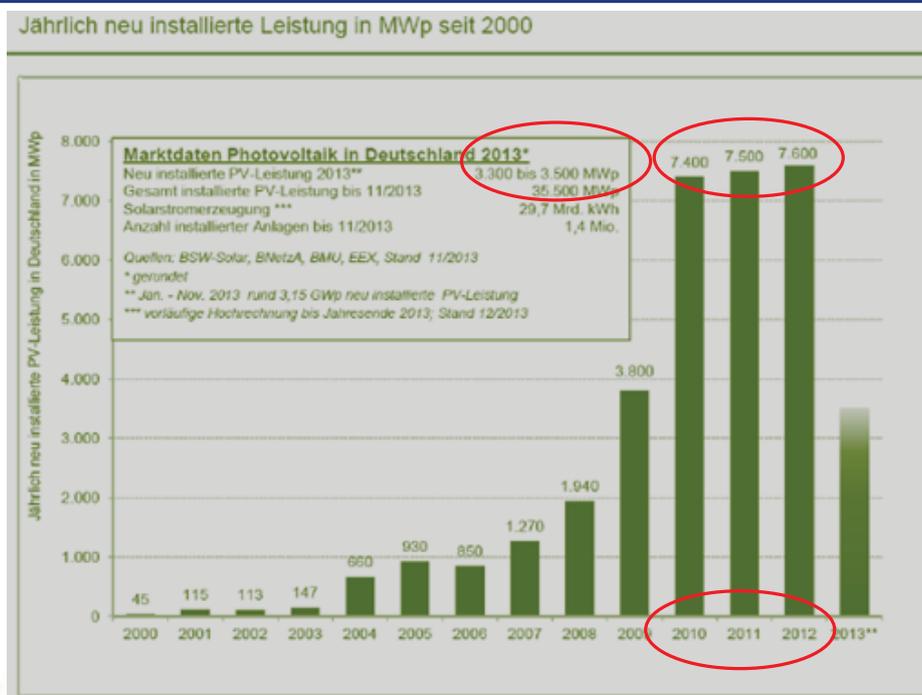


Neiber-ILT2b 03-2014 006

4

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Entwicklung der PV-Installationen



Quelle: Bundesnetzagentur; BSW-Solar 12/2013

Neiber-ILT2b 03-2014 006

5

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Neu installierte PV-Leistung



Gründe für Eigenstromnutzung



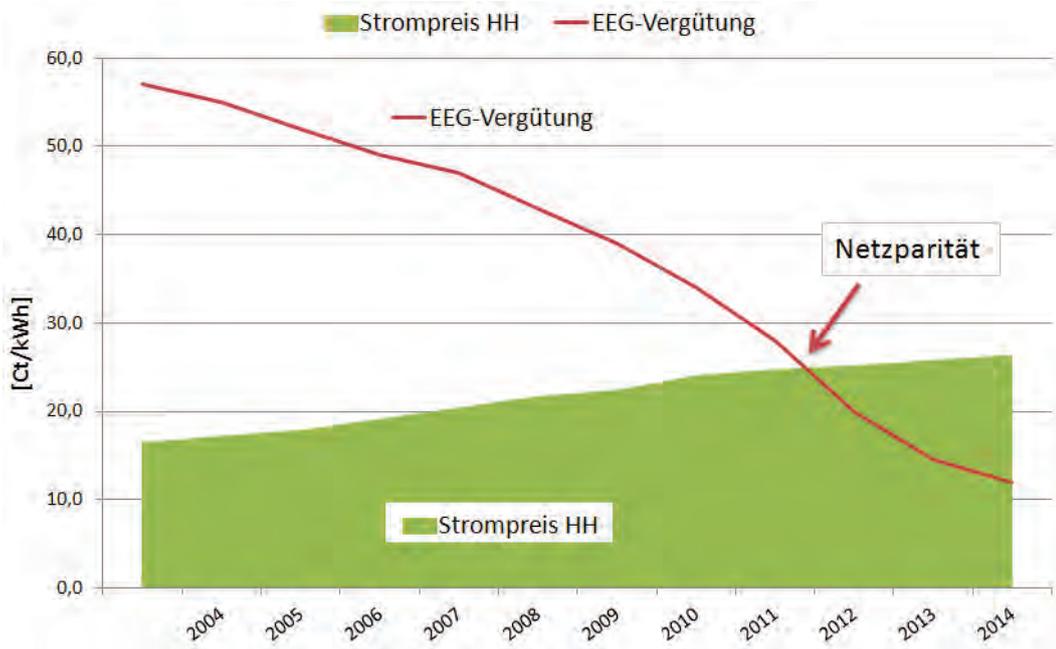
EEG: Marktintegrationsmodell (seit April 2012 in Kraft)

- 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



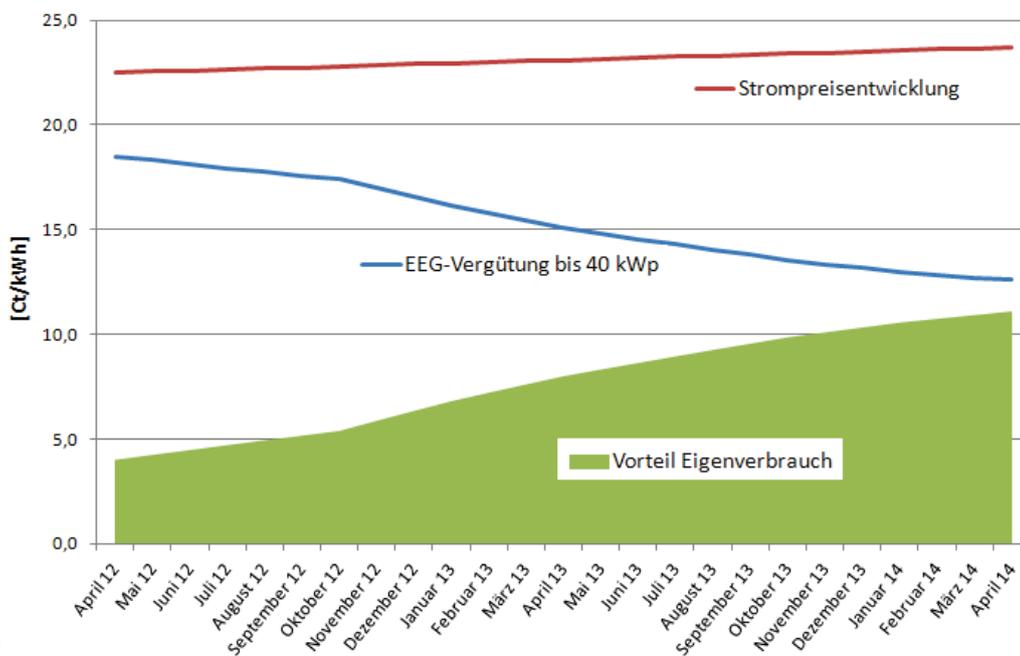
Quelle: Bundesnetzagentur; Grafik: verändert nach Th. Remmersmann

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

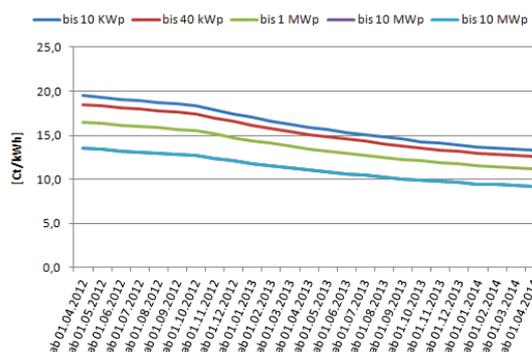
Entwicklung der Einspeisevergütung



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

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

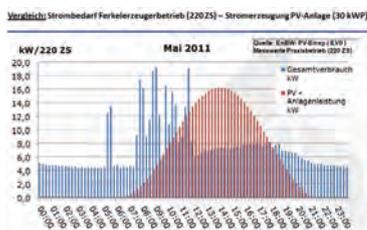


Marktintegrationsmodell EEG (seit April 2012 in Kraft):

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

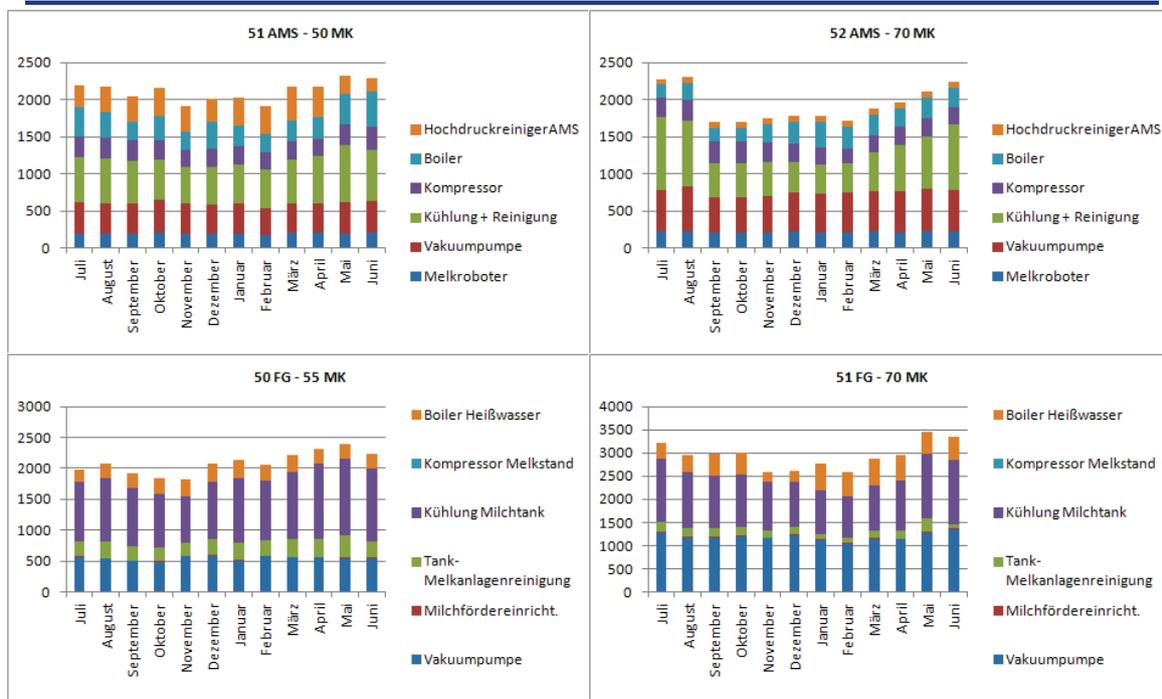
3. Tageszeit bzw. der Arbeitsablauf

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

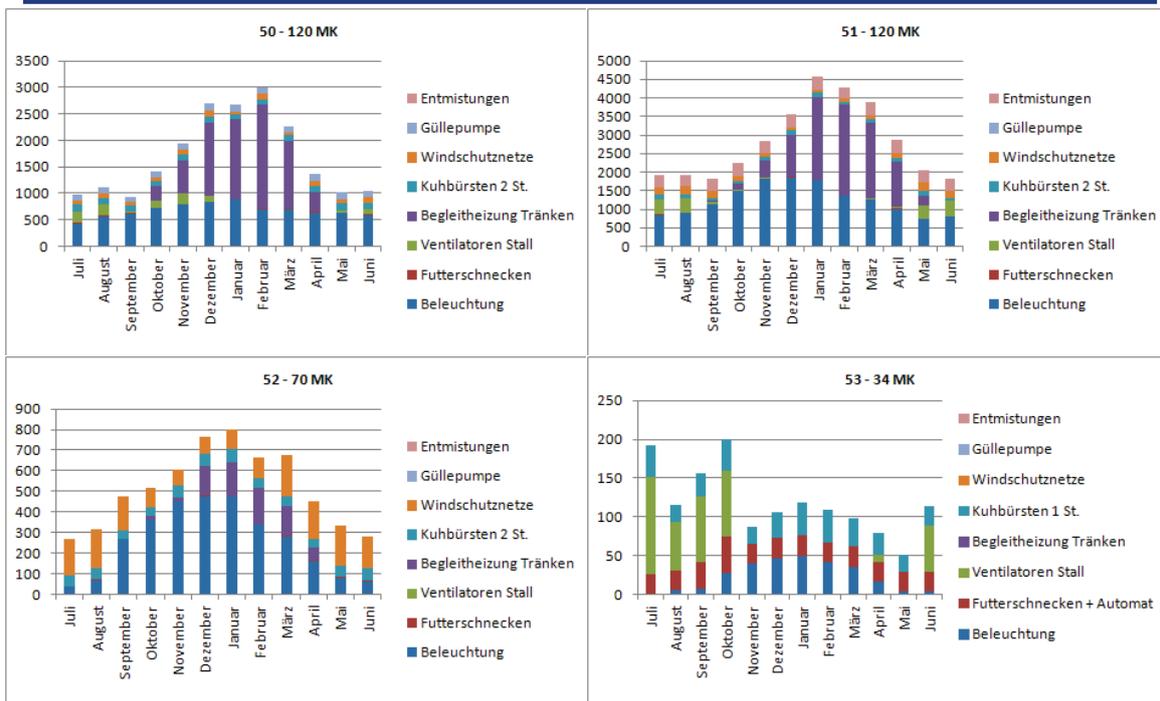
4. Technische Ausstattung

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

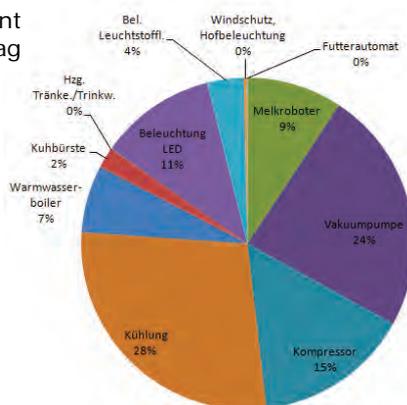
Verteilung des Stromverbrauchs im Praxisbetrieb MV

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

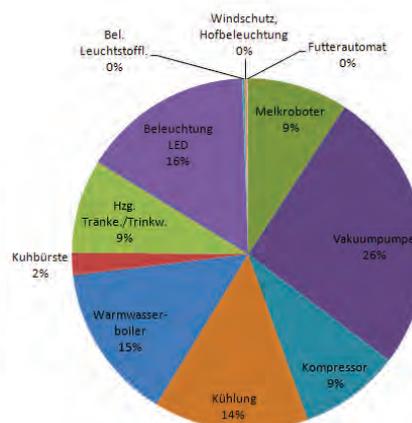
Stromverbrauch: 71,5 kWh
Ø Temperatur 19,5 °C



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

Batteriespeichersysteme, ...



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

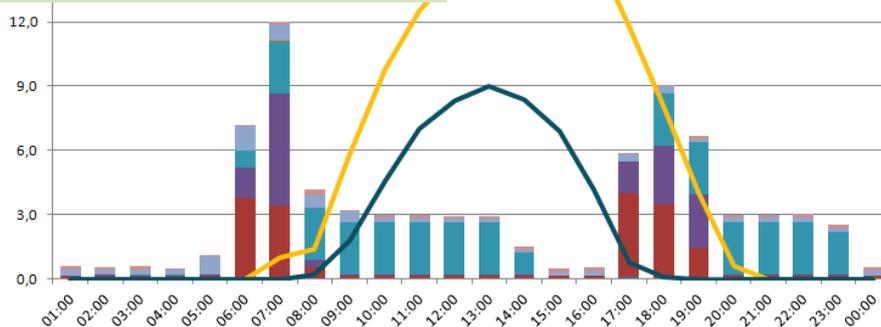


Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)

- 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

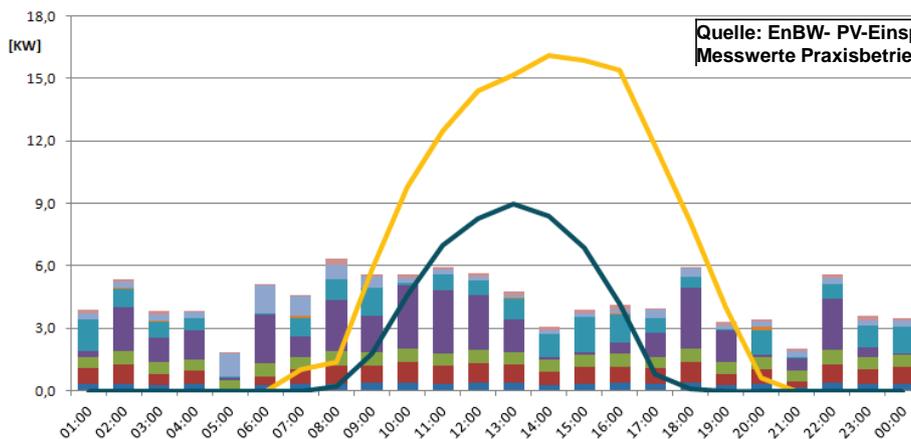


Technische Ausstattung: AMS



Tageslastgang AMS (65 Milchkühe)

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



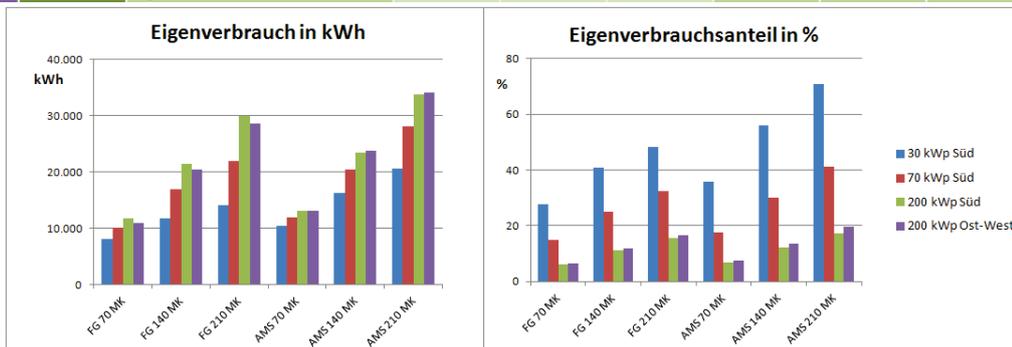
Quelle: EnBW- PV-Einsp.(EV30 kWp) Messwerte Praxisbetrieb



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
		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



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.

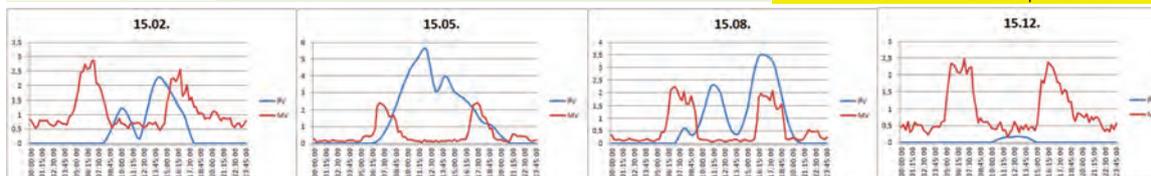
Neiber-ILT2b 03-2014 006 23

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

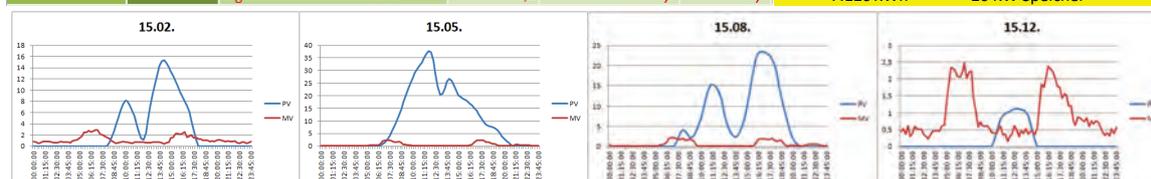
Speicherpotential



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!

